

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ДЕМИНА М.И., СОЛОВЬЕВ А.В., ЧЕЧЕТКИНА Н.В.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БОТАНИЧЕСКИХ НАУК



Москва 2013

УДК 727. 65: 58 (075. 8)
ББК 28. 5 с

Рецензенты:

*Туманян А.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
(ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов»);*

*Белослудцев В.И. – доктор педагогических наук, профессор
(ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный заочный
университет»);*

*Зубкова В.М. – доктор биологических наук, профессор
(ФГБОУ ВПО «Российский государственный социальный университет»)*

Демина М.И., Соловьев А.В., Чечеткина Н.В. История развития ботанических наук: учебное пособие – М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2013. – 128 с.

В учебном пособии представлен материал по истории развития основных ботанических наук. Отмечено значение растений в природе и жизни людей, указано происхождение культурных растений и история ботаники в датах, изложена эволюционная и клеточная теория, методы исследования клетки и другие разделы ботаники. В пособии отведено определенное место физиологии растений, этапам её развития и направлениям, большое внимание уделяется учению о питании растений и формированию агрохимии с учетом плодородия почв и удобрения земель. На развитие растений в филогенезе определенное влияние оказывали климатические факторы, которые соответственно приведены в разделе истории агрометеорологии.

Предназначено для реализации в высших учебных заведениях для студентов агрономических, биологических и педагогических специальностей.

Рекомендовано организационно-методической комиссией ФГБОУ ВПО РГАЗУ в качестве учебного пособия для студентов агрономических, биологических и педагогических специальностей, а также для студентов среднего профессионального образования.

© М.И. Демина, А.В. Соловьев,
Н.В. Чечеткина, 2013 г.

ВВЕДЕНИЕ

Растения – это царство живых автотрофных организмов, для которых характерны способность к фотосинтезу и наличие плотных клеточных оболочек, состоящих, как правило, из целлюлозы; запасным веществом обычно служит крахмал. Свойственное отдельным растениям (паразитам, сапрофитам) гетеротрофное питание всегда имеет вторичное происхождение.

Большинство растений характеризуется сильным расчленением тела, которое приводит к увеличению его поверхности, что обусловлено способом питания – поглощением из окружающей среды газообразного (в процессе фотосинтеза) и жидкого (вода и растворенные в ней минеральные соли) компонентов. Большинство важных особенностей строения растений определяются характером их роста, размножения и способом распространения.

С XVIII века в науке преобладала система двух царств: растения и животные. В XX веке уже пересматриваются биологами устоявшиеся взгляды и предлагаются новые системы (А. Тахтаджян, Г. Кортис, Ч. Джеффри и др.). Количество царств в этих системах уже достигает трех, семи, десяти. Принципы, которые были положены в основу деления живого на царства: способ питания, особенности строения пластид, митохондрий и др. До середины XX века все растения делили на низшие (бактерии, водоросли, слизевики, грибы и лишайники) и высшие (риниевые, моховидные, плауновидные, папоротниковидные, хвощевидные, голосеменные, покрытосеменные). Бактерии и грибы, в настоящее время, выделяют в самостоятельные царства. Высшие растения – это преимущественно наземные растения, хотя жизнь растений длительный период была связана с водой. Первые наземные растения имели еще слоевищное (талломное) строение, постепенно их строение усложнялось и они приспособились к другим условиям среды благодаря появлению целлюлозной клеточной оболочки, прочных групп специфических тканей, органов растений, выполняющих функции питания, обмена, размножения. Элементарной функциональной единицей тела растений является клетка, в ней происходят все процессы жизнедеятельности живого организма. Клетка возникла на определенном этапе развития органического мира как следствие постепенного усложнения живой материи. Любая наука о растении дает большее представление о растительном организме и о его огромной роли в жизни нашей планеты. Именно ботанические науки, знание их исторического развития прививают любовь студентов к экспериментальной работе.

ГЛАВА 1. БОТАНИКА И АГРОНОМИЯ

Ботаника и агрономия тесно связаны общим объектом изучения, общими методами работы и общей историей развития. Ботаники изучают около 500000 видов растений, распространенных на поверхности континентов, в Мировом океане, реках и озерах, атмосфере. Ботаник изучает закономерности строения и развития, видовой состав у природных (дикорастущих) растений и их группировок; ученый – агроном и селекционер – у культивируемых растений. Часто объектами исследований ботаников служат культивируемые растения, особенно те, которые впервые вводятся в культуру. На долю агронома и селекционера приходится около 1500 видов и много сортов разных растений, культивируемых на территории, оставляющей не более 10% поверхности суши. Пахотные земли составляют только 10% от всей поверхности суши. Причем поверхность суши распахана неравномерно: рекордно высокий процент распаханной территории (78%) приходится на о. Ява; в Южной Америке распахано всего 4% общей территории; в Скандинавских странах – от 4 до 5%; в США – 10%; в Западной Европе – свыше 30%.

Перед агрономом и земледельцем стоит прямая задача – создать обилие продуктов питания и всевозможного растительного сырья для всего человечества. Агроном должен иметь систематическую и точную информацию о прохождении этапов заложения и развития органов (органогенезе) растений с каждого экологически обособленного производственного участка.

Для этого ему необходимо в совершенстве владеть методами контроля за процессами формирования урожая любой сельскохозяйственной культуры. Такой контроль охватывает все этапы органогенеза, начиная от прорастания семян, клубней или других органов вегетативного размножения до формирования побегов, цветения и плодоношения. В одних случаях эти этапы могут проходить очень замедленно, в других – излишне интенсивно. Первое свидетельствует о слабой жизнедеятельности растений в данный момент, второе – о благоприятных условиях для слишком бурного роста. Если бурный рост имеет место на этапе побегообразования или кущения, то на последующих этапах – цветения, формирования семян и плодов – возможна депрессия. В каждом конкретном случае необходимо провести соответствующие агротехнические мероприятия. Метод биологического контроля за ростом и развитием растений почти всецело основывается на ботанической морфологии.

Не менее тесные контакты и взаимное проникновение методов имеются у ботаников с почвоведом и агротехниками. Так, индикационная ботаника (выявляет отдельные растения и природные группировки, т.е. фитоценозы, пригодные для характеристики условий среды) дает

почвоведов и агрохимиков один из методов для характеристики качеств почв и грунтов, их физико-химического состава, гидрологических условий и т.д.

Не всегда можно провести четкую грань между агрономическим и чисто ботаническим профилем. Так, при изучении растительности пастбищ и сенокосов, организации агрономелиоративных мероприятий для повышения их производительности агроном выступает отчасти как ботаник, а ботаник – как агроном.

Можно отметить еще более тесные контакты и взаимное проникновение методов работы почвоведа, агрохимика и ботаника. Достаточно отметить, что развивающийся раздел индикационной геоботаники дает почвоведу и агрохимику один из методов для характеристики качества почвы (или грунта), их физико-химического состава, гидрологических условий и т.д. Каждый год ботаники открывают, а агрономы вводят в культуру новые полезные растения: кормовые, эфирноосные, медицинские, технические.

Таким образом, резких граней между ботаникой и агрономией провести нельзя. И это не случайно, так как агрономия возникла в недрах ботаники, и является ее отраслью, точнее, приложением ботаники к растениеводству. Перед агрономом и ботаником единая цель – возможно полное использование растений для практических потребностей человека, т.е. получение максимального урожая семян, плодов, зеленой массы.

1.1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Первоначально, по данным науки, жизнь возникла в водной среде – в Мировом океане. Это были примитивные формы жизни – доклеточные организмы, предъядерные, а также ядерные одноклеточные и колониальные. Затем появились более совершенные – многоклеточные организмы.

В настоящее время уже известно, что формообразовательный процесс в водной среде протекал очень медленно. Это связано с однообразием условий жизни в Мировом океане, с постоянством основных факторов среды: света, влаги и ее солевого состава, температуры. Водная среда, как оказалось, больше способствовала консервации возникших форм жизни, чем их преобразованию – трансформации. Именно в водной среде сохранились до наших дней примитивнейшие одноклеточные и колониальные растения – сине-зеленые и зеленые водоросли.

Историю развития Земли принято изображать в виде следовавших одна за другой геологических эр. Таких эр насчитывают шесть: катархейская, архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская, кайнозойская. В пределах этих эр выделяют геологические периоды. Каждая из эр характеризуется своими осадочными породами,

окаменелыми остатками и отпечатками тех или иных растений и животных, населявших нашу планету в те отделенные времена. Изучение этих остатков позволило установить общую картину развития органического мира. Более того, иногда удается воспроизвести (реставрировать) особенности строения вымерших животных и растений. В точности установить, когда появились первые растительные организмы на Земле, пока не удалось. Остатки древнейших растений в силу простоты строения их плазматического тела не могли дойти до нас в окаменелом состоянии – они бесследно исчезли. Но продукты их жизнедеятельности в виде разнообразных геологических пород сохранились.

Жизнь на нашей планете возникла в архейской эре, т.е. около 3,5 млрд. лет назад. Свидетельством жизнедеятельности являются породы бактериального и водорослевого происхождения, а также остатки аминокислот, которые ходили в состав белковых тел первичных организмов.

В предшествующей катархейской эре (около 4,5 млрд. лет назад) в мировой акватории развивались физико-химические процессы, вследствие которых создавались условия (субстрат и материал) для возникновения жизни и организмов.

Жизнь на Земле развивалась очень медленно. Особенно в течение архейской и протерозойской эр, охватывающих около 50% всего геологического летоисчисления. Так, по данным палеонтологов, только в протерозойскую эру (1900-570 млн лет назад) определились две основные линии развития живой природы: автотрофность (царство растений) и гетеротрофность (царство животных). Именно в протерозойскую эру наряду с широким развитием одноклеточных и колониальных сине-зеленых водорослей отмечается появление красных и зеленых водорослей, новых групп бактерий, в частности железных. Достаточно разнообразные и контрастные группы появляются среди объектов животного мира: губки, черви, медузы и т.д. Целая серия обитателей мировой акватории – растений и животных сохраняет сходство внешней формы до наших дней. Причем сходство имеют и некоторые виды, стоящие на достаточно высоком уровне развития. Их долгое время выделяли в особую группу (зоофитов) (т.е. животно-растений). Такого мнения придерживались виднейшие натуралисты вплоть до XVIII в. К. Линней полагал, что «зоофиты» – водяные растения. Действительно, некоторые морские животные своей формой великолепно имитируют растения. К таковым относятся, например, гидрополип морской мох – *Sertularia* и морская лилия – *Rhizocrinus*. Некоторые же многоклеточные фитотрофные организмы, например зеленую водоросль вольвокс – род *Volvox* ботаники считают «своими видами», т.е. растениями, а зоологи – животными. Темпы эволюции убыстрялись. Причин убыстрения темпов эволюции две: 1) изменение условий существования, вызывающее большое разнообразие

и более сложную организацию формы жизни, и 2) более высокая реакция организмов на условия существования, за исключением крайне специализированных, когда изменение условий вело к гибели.

Важнейшие события в ходе истории развития царства растений произошли в силурийском и девонском периодах палеозоя. В силурийском периоде появились риниефиты – первые сухопутные растения. Это были еще небольшие растения, всего до 15-20 см высоты. Они покрывали сушу сплошным ковром. Возможно, что в это время уже существовали грибы, мхи и лишайники.

В следующем (за силурийским) девонским периоде произошло массовое переселение растений на сушу. Растения достигли больших размеров, чередование фаз развития (гаметофазы и спорофазы), установившиеся тогда у многих растений, оказалось очень полезным для них, ибо позволило растениям проводить часть жизни в воде (гаметофаза), а другую часть – вне ее, на суше (спорофаза). В связи с сухопутным образом жизни у спорофита была хорошо развита надземная часть, образовались проводящие пучки. Начиная со второй половины девонского периода особенно широкое развитие получили древовидные папоротники и хвощи – каламиты. Появились близкие к хвойным кордаиты, достигавшие 30 м в высоту. Всюду, где только была илистая, пропитанная водой почва, названные деревья формировали леса. Немало их было по берегам лагун, на наносах. Они подмывались водой, особенно во время разливов, падали в воду, покрывались наносами. Без доступа воздуха эта огромная масса – целые пласты деревьев – подвергалась сухой перегонке и превращалась в залежи каменного угля.

В каменноугольном периоде шло развитие голосеменных растений и семенных папоротников. Риниефиты исчезли.

В пермском периоде большинство семенных папоротников, семенных плауновых и кордаитов вымерло. Плауновые и хвощевые пошли на убыль, зато началось развитие новых топов голосеменных, в том числе саговников, предков современных араукарий и других хвойных. Продолжали развитие гинкговые. В конце пермского периода господствовали голосеменные.

За палеозойской последовала мезозойская эра, подразделяющаяся на три периода: триасовый, юрский, меловой. В триасовый, и, особенно, в юрский периоды сильно обогатилась флора голосеменных. Юрские леса состояли главным образом из саговников, гинкговых, араукарий. Обильно росли древовидные папоротники. В юрский период появились кэйтониевые, которые имели гомологи настоящих плодолистиков и ягодовидные плоды.

В меловом периоде получили широкое развитие настоящие цветковые растения. Развитие цветковых было важным поворотным этапом в развитии растительного и животного царства.

Древесные формы цветковых: магнолии, лавры, платаны, эвкалипты, фикусы, тополи, ивы, буки, виноград и другие – стали завоевывать большие пространства на земле. Из травянистых растений в результате приспособлений к новым условиям развивались сухопутные и водные формы.

В кайнозойскую эру цветковые растения достигли своего мощного развития. Первые периоды этой эры – палеоген и неоген, продолжавшиеся 85-90 млн. лет, отличались весьма теплым климатом. Уже тогда ландшафт поверхности земли напоминал современный. Появились лиственные леса. Значительно распространились магнолии, лавровые деревья, хлебное дерево, инжир, миртовые деревья, дубы, клены, ясени, грецкие орехи и многие другие. Хвойные деревья имели важнейшее значение как в образовании чистых лесов, так и в смешанных, т.е. с примесью лиственных пород. Появилась богатая травянистая флора.

В следующий – четвертичный – современный период, насчитывающий 1,6-1,8 млн лет, произошло резкое изменение климата Земли в сторону понижения температуры и увеличения количества осадков. Это привело к колоссальному накоплению льдов в высоких широтах Земли. Эти льды затем продвигались к югу. Началась ледниковая эпоха. В эпоху наибольшего оледенения в Европе ледники доходили до юга Англии и центральной части Европы. На Украине они по Днепру спускались к нынешним Днепропетровской и Житомирской областям. Появились холодостойкие растения.

Конец третичного и начало четвертичного периодов связан с появлением и развитием человека. Человек появился на Земле около миллиона лет назад и стал новым фактором, способствовавшим изменению растительности. Он стал вводить в культуру полезные для него растения и тем самым начал вытеснять дикую растительность.

Таким образом, в истории развития растительного мира на земном шаре можно отметить три основных периода: водорослевый (в основном палеозой), высших споровых растений (верхний палеозой), голосеменных и покрытосеменных (от мезозоя – голосеменные и от мелового – покрытосеменные, получившие мощное развитие, начиная с кайнозоя).

1.2. ЗНАЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ В ПРИРОДЕ И ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Чем последовательнее и глубже анализируется природа и на ее фоне жизнь человека, тем убедительнее выступает важная роль растений. В этой связи обращает внимание факт почти повсеместного распространения растений на нашей планете. Они населяют, казалось бы, безжизненные пространства холодных пустынь Арктики и Антарктиды. Даже в атмосфере, в воздухе, которым мы дышим, носятся миллиарды мельчайших растений или их зачатков (спор) – бактерий, грибов, а также

вирусов. Воздушными течениями они распространяются на огромные расстояния. Изучение их видового состава, жизнедеятельности и распространения – предмет особой науки – аэриобиологии.

Специальный анализ дал поразительные результаты: оказывается, что в 1 м³ воздуха могут находиться десятки и сотни тысяч экземпляров всевозможных бактерий, грибов и вирусов. Подсчитано также, что в условиях высокой концентрации бактерий человек за один раз вдыхает 400-600 спор бактерий, а выдыхает в атмосферу всего лишь 2-3. Пища и вода также насыщены многочисленными микроскопическими растениями. Огромная масса микробов населяет почвы, играет важную роль в почвообразовательном процессе, служит показателем плодородия культурных полей, пастбищ и сенокосов. В почве, как и в атмосфере, микробы распределены неравномерно. По данным Е. Мишустина, на 1 г почвы приходится значительное количество микроорганизмов, представленное в таблице 1.

Таблица 1

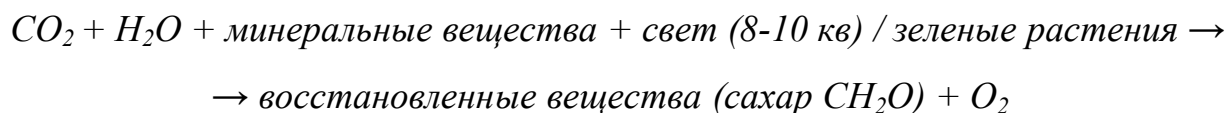
Количество микроорганизмов в почве, тыс. экз.

Целинные почвы тундры	100	Окультуренные луговые	6000
Целинные почвы тайги	400	Степи целинные	30000
Окультуренная тайга	1000	Степи окультуренные	60000
Целинные лесные	3000	Пустыни целинные	40000
Целинные луговые	4000	Пустыни окультуренные	80000

Не менее своеобразный мир растений, преимущественно водорослей, населяет необозримые подводные пространства океанов и морей, рек и озер. Растения – пионеры освоения новых местообитаний, где отсутствует всякая жизнь. На снегах и ледниках, в горячих источниках – гейзерах живут некоторые водоросли. На голых скалах и даже на стекле могут поселяться лишайники. В отличие от животных растения характеризуются более широким, повсеместным распространением – во всех слоях биосферы.

По определению К.А. Тимирязева, растения выполняют космическую роль. В чем она состоит? Большинство растений, исключая незеленые (бактерии, грибы, слизевки и немногочисленные паразитические виды покрытосеменных), обладает зеленой окраской. В целом эта окраска характерна только для растений. Зеленая окраска листьев обусловлена хлорофиллоносными клетками, которые содержат в определенных структурных образованиях, именуемых пластидами – хлоропластами, зеленое красящее вещество – хлорофилл. С зеленой окраской, с хлорофиллом, связано воздушное питание растений, т.е. образование органического вещества. Этот процесс назван фотосинтезом. Суть фотосинтеза была выяснена свыше 150 лет назад.

Условия и ход фотосинтеза можно представить по следующей схеме:



В отличие от других фотохимических процессов фотосинтез идет не с расходом, а с накоплением энергии. Солнечная радиация – не только источник энергии для образования органического вещества, она регулирует процессы развития растений (суточные биологические часы, фотопериодизм, сезонный периодизм).

Ныне господствующие на планете листостебельные растения имеют два полюса питания. Кроме зеленого, обращенного к солнцу – гелиотропического, где идет фотосинтез, растение осуществляет питание и на своем диаметрально противоположном – геотропическом полюсе поглощая корнями воду и минеральные соединения, в частности азотистые, растение создает белки. Новейшие исследования подтвердили, что хлорофилл принимает участие в образовании белков. Следовательно, в зеленой хлорофиллоносной клетке растений образуются органические вещества (углеводы, белки, жиры) из неорганических. Названные три группы соединений служат пищей человеку и животным.

Процесс превращения неорганических соединений в органические, в продукт питания для всего населения Земли, происходит в хлорофиллоносной клеточке зеленого растения. Ученые и инженеры в наши дни могут только мечтать, как бы воспроизвести этот процесс в условиях лаборатории. Какой же сложностью строения должна обладать растительная клетка, а тем более целостный организм, представляющий собой саморегулирующуюся и самовоспроизводящуюся систему! Оказывается, любое растение, даже одноклеточное, кажущееся на первый взгляд просто организованным, в действительности гораздо сложнее любой современной счетно-вычислительной машины.

Но клетка и целостный организм, сверх того, способны к самовосстановлению – к созданию себе подобных, что вовсе несвойственно машинам.

Продукты фотосинтеза К.А. Тимирязев называл «консервом солнечных лучей». За долгую историю растительной жизни на Земле, длившуюся сотни миллионов лет, продукты фотосинтеза составили огромные резервы в виде энергетических материалов: каменного угля, торфа, нефти. В ходе фотосинтеза параллельно с образованием «консерва солнечных лучей» происходит выделение в атмосферу кислорода, которым мы дышим.

Число видов растений на Земле определяют в 500000 видов. Из них около 200000 (250000) видов приходится на цветковые. История возделывания растений насчитывает около 8000-10000 лет. Археологи точно установили, что виноград культивируют в Египте около 4700-5000

лет, а хлопчатник в Китае около 4000 лет. Древними очагами возделывания сельскохозяйственных, лекарственных и декоративных растений были также Индия, Передняя Азия (Ассирия, Вавилония), Греция и Италия. В России возделывают около 450 видов покрытосеменных: пищевых, кормовых, лекарственных, технических, декоративных и др.

Царство растений в зависимости от способа питания можно подразделить на две группы: автотрофные и гетеротрофные. *Автотрофные*, в основном *хлорофиллоносные*. К этой группе относят растения, которые строят свое тело из неорганических соединений. По способу питания автотрофные также не составляют вполне однородной группы. Их подразделяют на три основные подгруппы (причем только две из них хорошо обособлены): зеленые автотрофные, бесхлорофилльные автотрофные, паразиты и сапрофиты (утратившие хлорофилл).

Первая подгруппа хлорофиллоносных была охарактеризована выше. Ко второй подгруппе относят небольшое число видов растений, которые лишены хлорофилла, но тем не менее способны самостоятельно создавать органическое вещество. В этом случае источником энергии служит не свет, как у зеленых растений, а окислительные реакции, при которых выделяется химическая энергия. К автотрофным бесхлорофилльным относят бактерии нитрификаторы, серобактерии и железобактерии.

В отличие от фотосинтеза процесс образования органического вещества за счет химической энергии называют хемосинтезом. Это выдающееся открытие принадлежит русскому ученому С.Н. Виноградскому (1856-1953).

Третья группа – наименее однородная. Здесь объединены растения, которые стоят на разных ступенях перехода от автотрофности к паразитизму или сапрофитизму, в связи с чем они теряют хлорофилл. Сюда относят многие общеизвестные цветковые растения – паразиты, например повилику – *Cuscuta europaea* и другие виды, заразиху – *Orobanche ramosa*, петров крест – *Lathraea squamaria*, а также целую серию сапрофитных растений. сапрофиты наиболее часто произрастают на почвах, богатых гумусом, в еловых лесах и на лугах, например подбельник – *Hyssopus monotropa*, гнездовка – *Neottia nidus-avis* и др.

На разных ступенях регресса автотрофности и перехода к паразитическому образу жизни стоят насекомоядные растения. В нашей флоре оригинальные формы «плотоядных» растений представлены росянкой – *Drosera rotundifolia*, широко распространенной на болотах. Эволюция растений в сторону «плотоядности» (переход к белковой животной пище) не получила значительного развития как по числу видов, так и по глубине специализации в этом направлении.

Гетеротрофные, или незеленые. К этой группе относятся растения, которые строят свое тело, так же как и животные, за счет органических веществ, созданных другими растениями. Таковы многие растения-

паразиты, в частности паразиты сельскохозяйственных растений, животных и человека. Это преимущественно микроскопические грибы и бактерии. Другие – сапрофиты – питаются за счет остатков отмерших растений и животных. Они проводят тем самым поистине титаническую работу и играют огромную роль в жизни природы и жизни человека.

В одних случаях растения-сапрофиты вызывают гниение, т.е. минерализацию белков трупов растений и животных, в других – разлагают органические вещества через молочнокислое, уксусное и спиртовое брожение. На этом свойстве сапрофитов основано производство простокваши, сыра, сливочного масла, квашение капусты, дубление кож. В процессе спиртового брожения сахар превращается в спирт и углекислоту. На этом основано хлебопечение, виноделие, пивоварение.

Итак, сапрофитные растения, большинство которых составляют грибы и бактерии, выполняют колоссальную полезную работу. Она состоит, прежде всего, в круговороте веществ в природе: автотрофные растения синтезируют органические вещества, гетеротрофные – их разлагают и минерализуют. Без гетеротрофных растений, как и без автотрофных, жизнь на Земле была бы невозможна. Но гетеротрофные растения играют также большую роль в сельскохозяйственном производстве. Так, обитатели почвы – клубеньковые бактерии, например *Rizobium leguminosarum*, вступают в сожительство (симбиоз) с бобовыми растениями и способствуют обогащению как самих растений, так и почвы азотистыми соединениями за счет азота атмосферы. Многие грибы, как уже отмечалось, имеют большое значение в различных отраслях промышленности (пищевой, медицинской, микробиологической и др.).

Из учения об истории Земли видно, что птицы и млекопитающие (в том числе и далекие предки человека) получили возможность существования только после появления и развития покрытосеменных растений. По данным палеонтологии, это произошло в середине мелового периода мезозойской эры, т.е. приблизительно 100 млн. лет тому назад. До появления покрытосеменных названные группы животных не могли существовать, для них просто не было пищи.

1.3. ЦЕНТРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Переходящие к земледелию племена часто независимо друг от друга вводили в культуру растения окружающей их дикой флоры. Можно выделить ряд основных центров (очагов) древнейшего земледелия, называемых еще центрами происхождения культурных растений. Учение о центрах происхождения культурных растений впервые было разработано Н.В. Вавиловым (1887-1943). Согласно его представлениям, существовало восемь таких центров. В настоящее время выделяют 10-12 центров происхождения культурных растений. Эти центры являются древними

макроареалами тех или иных культурных растений, а частично и их диких сородичей. Внутри них выделяют локальные центры (микроцентры) возникновения отдельных культур (рис. 1).

У европеоидных народов с примыкающей к ним цивилизацией коптов и эфиопов отмечены три центра древнего земледелия: средиземноморский, переднеазиатский, эфиопский.

Монголоиды имели два очага – среднеазиатский и китайский. У народов юго-востока и юга Азии земледелие развивалось автохтонно (т.е. независимо) в двух очагах: индийском и индо-малайском.

У коренных народов американского континента возникли мексиканский и перуанский центры.

Негроидные народы тропической Африки имели один основной очаг земледелия – западно-суданский.

Средиземноморский очаг объединяет области Европы, Африки и Азии, прилегающие к Средиземному морю. Это родина важнейших сортов овса, льна, мака, белой горчицы, маслины, рожкового дерева, винограда, капусты, моркови, свеклы, спаржи, редьки.

Переднеазиатский очаг расположен в Малой Азии, Закавказье (Армения), Иране. Это родина пшеницы однозернянки и двузернянки, твердой пшеницы, ржи, ячменя, груши, миндаля, айвы, сливы, вишни.

Среднеазиатский очаг охватывает бассейны рек Сырдарьи, Амударьи и индийское Пятиречье (формирующее реку Инд). Он является родиной мягкой пшеницы, гороха, чечевицы, нута, лука, чеснока, возможно, конопли, сарептской горчицы, абрикоса, яблони.

Эфиопский очаг распложен на территории Эфиопии и Сомали. Это родина сорго, кунжута, клещевины, кофейного дерева, некоторых форм овса, финиковой пальмы.

Китайский очаг располагается в умеренной климатической зоне бассейна реки Хуанхэ. Здесь сформировались культуры проса, китайского сорго (гаоляна), чумизы, гречихи, сои, ряда листопадных плодовых деревьев, таких как хурма, китайские сорта сливы и вишни.

Индийский очаг находится на полуострове Индостан. Основными культурами древнего земледелия этого очага были тропические виды, часть которых затем продвинулась в страны умеренного климата. Индийский очаг – родина риса, азиатских фасолей (маша). Азиатских хлопчатников, манго, культурных форм огурца и баклажана.

Индо-малезийский очаг занимает главным образом территорию Индокитая и Западной Малазии. Здесь находится родина ямса, хлебного дерева, мангустана, бананов, дуриана, а возможно и кокосовой пальмы. Очаг дал миру важнейшие пряные растения, такие как черный перец, кардамон, гвоздичное дерево и мускатный орех.

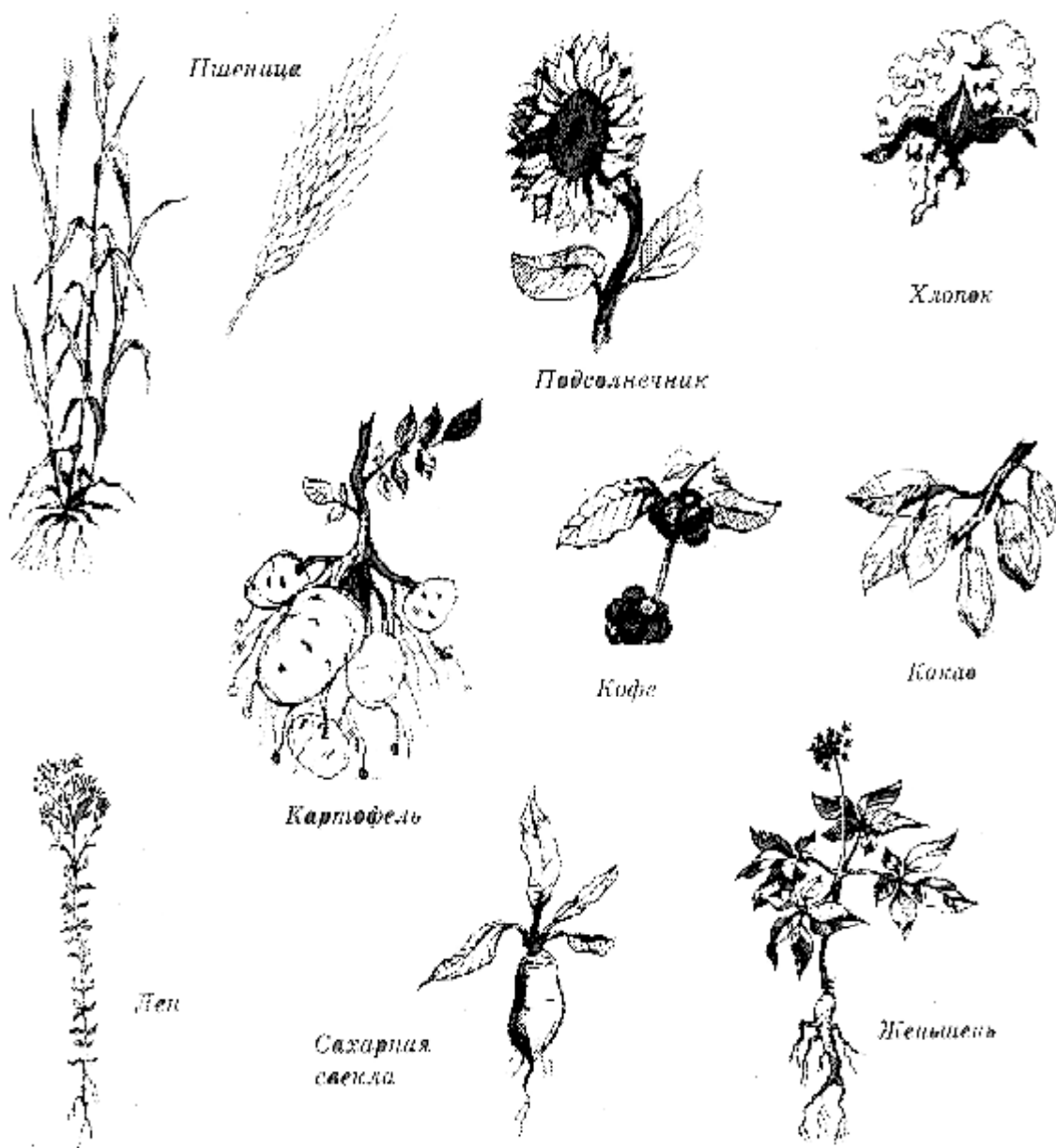


Рис. 1. Культурные растения

Мексиканский очаг включает большую часть территории Центральной Америки. Отсюда человечество получило маис (кукурузу), обыкновенную фасоль, красный стручковый перец, хлопчатники Нового Света, табак-махорку, и, вероятно, папайю, или дынное дерево (рис. 2).

Южно-американский (перуанский) очаг занимает территорию Перу, Эквадора, Боливии, Чили и части Бразилии. Отсюда происходят картофель, томат, длинноволокнистый «египетский» хлопчатник, ананас и табак. В новейшее время отсюда вывезено и окультурено хинное дерево.

Западно-суданский очаг расположен на части территории тропической Африки. Отсюда началась культура масличной пальмы, орехов кола и ряда тропических зернобобовых.



Рис. 2. Центры происхождения культурных растений:
 1 – средиземноморский; 2 – переднеазиатский; 3 – среднеазиатский; 4 – эфиопский;
 5 – китайский; 6 – индийский; 7 – индо-малезийский; 8 – мексиканский;
 9 – перуанский; 10 – западно-суданский

1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЗАРОЖДЕНИЯ БОТАНИКИ

Современная ботаника – это комплекс большого числа наук, которые исторически возникали в определенной последовательности. Момент зарождения какой-либо науки определяется временем появления письменных систематизированных обобщений в данной области. Первые письменные трактаты о растениях принадлежат греческому ученому Теофрасту (327-287 до н.э.), которого называют отцом ботаники. Надо заметить, что разнообразные и полезные сведения о растениях человечество начало накапливать задолго до Теофраста. Уже первобытные народы знали многие растения и их свойства. В древних государствах – Индии, Египте, Китае, обладавших письменностью, объем ботанических знаний увеличился, однако первое их письменное обобщение сделал Теофраст. Он был другом и любимым учеником великого мыслителя Древней Греции – Аристотеля (384-322 до н.э.), который создал в Лике (местность на окраине Афин) перипатетическую школу философов, где обучение проводилось в форме бесед во время прогулок по саду (греч. *peripateo* – прохаживаюсь). Представители этой школы занимались, помимо философии, конкретными науками (историей, астрономией, географией и др.). после смерти Аристотеля Теофраст в течение 34 лет возглавлял школу перипатетиков и таким образом находился в центре научной и философской жизни того времени. Теофрасту принадлежит более 200 трудов по естествознанию (физике, минералогии, физиологии), философии и психологии. Из ботанических сочинений до нас дошли две книги, где обобщены сведения по морфологии, географии и медицинскому использованию растений. Интересно, что Теофраст, который, видимо, не

покидал пределы Греции, был довольно хорошо знаком с растениями и географией стран, по которым проходили войска Александра Македонского. Это можно объяснить общением Александра с философами-перипатетиками, поскольку Аристотель был его воспитатель. Ботанические труды Теофраста представляли собой свод познаний античного мира в этой области. Они сочетали в себе обобщение практических навыков и знаний его предшественников и современников и собственных наблюдений за жизнью растений. Теофрасту принадлежит первая попытка классификации растений на основе их жизненных форм, причем учтены не только растения, произрастающие в Греции и ее ближайших колониях, но и дальних тропических странах, например, индийская смоковница, банан, бамбук, лотос и др. Специальные разделы книги посвящены проблемам роста, размножения растений и влияния на них внешних условий. Ряд теоретических вопросов рассмотрен при описании способов выращивания культурных растений.

Дальнейшее развитие науки в античном мире, особенно в Риме, шло в прикладном направлении и касалось, преимущественно, земледелия и медицины. Поскольку было важно уметь различать полезные и вредные растения по внешним признакам, некоторые успехи сделала морфология растений, но широкие теоретические обобщения отсутствовали. Последующий за античным период средневековья, длившийся более тысячи лет, также не способствовал прогрессу наук, в том числе и ботаники. Книжный схоластический (лат. *schola* – школа) подход к наукам, господствовавший в средневековье, не допускал натуралистических и экспериментальных исследований природы и тормозил развитие ботаники. Только кое-где выращивали лекарственные растения и изучали их свойства.

Период первоначального накопления ботанических знаний. Начало дифференциации ботаники. Решительный перелом произошел в конце XV в. в эпоху великих географических открытий, когда Колумб в 1492 г. достиг Вест-Индии (Центральная Америка), Кабот в 1497 г. – Северной Америки, а Васко да Гама в 1498 г. открыл морской путь в Индию.

Из заморских стран в Европу хлынул поток невиданных раньше растений. Потребовалась их инвентаризация, т.е. описание, наименование и классификация. Зарождаются и совершенствуются способы изображения и консервации растений, что необходимо для их сравнительного изучения. В середине XVI в. была изобретена гербаризация (засушивание) растений и составлены первые гербарии. Немецкий художник Альбрехт Дюрер (1471-1528), иллюстрируя ботанические книги, создает великолепные гравюры растений, возникают ботанические сады в Италии (в 1540 г. в Падуе, в 1545 г. в Пизе), Швейцарии (в 1560 г. в Цюрихе), Германии (в 1577 в Лейдене, в 1579 г. в Лейпциге). В этот период закладываются основы ботанической терминологии, достигает расцвета описательная

морфология растений в качестве науки, подсобной для систематики.

В XVII в. зарождаются также физиология и анатомия растений. Более 350 лет назад голландский врач Ян Баптист ванн Гельмонт (1579-1644) представил первое экспериментальное доказательство того, что не одна почва кормит растения. Он провел многолетний опыт с маленьким деревцом ивы, которое выращивал в течение 5 лет в глиняном горшке, поливая водой. За это время масса ивы увеличилась на 74,4 кг, а масса почвы уменьшилась всего на 57 г. Ван Гельмонт сделал вывод, что все вещества растения образуются из воды, а не из почвы или воздуха. Вывод был неверным, но дал толчок к дальнейшим экспериментальным исследованиям, которые спустя почти два столетия привели к пониманию сущности питания растений.

В XVIII в. английский химик Джозеф Пристли (1733-1804) обнаружил у растений способность «исправлять воздух». Пристли проделал следующий опыт: под стеклянный колпак помещал зажженную свечу, которая довольно быстро гасла, и зажечь ее снова не удавалось. Пристли объяснил этот факт тем, что горение «испортило» воздух. Если же под колпак помещали веточку мяты, то растение влияло на состав воздуха, «исправляло» его, и свечу под колпаком можно было зажечь снова. Позже оказалось, что способность «исправлять» воздух растения проявляют только на свету.

К началу XIX в. было ясно, что зеленые растения на свету выделяют в воздух кислород, а поглощают диоксид углерода (CO_2). В 30-х годах XIX в. был открыт фотолиз воды и установлено, что кислород, выделяемый в воздух, растения получают из воды, а не из CO_2 , т.е. ученые вплотную подошли к сущности фотосинтеза.

В XVII в. наиболее доступным было изучение передвижения веществ в растении, для чего нужно было знать его внутреннее строение. Выдающийся английский естествоиспытатель Роберт Гук (1635-1703) усовершенствовал уже изобретенный к тому времени микроскоп и использовал его для изучения мелких предметов, в том числе и частей растений. В 1665 г. он опубликовал впервые описание растительных клеток и ввел термин *cellula*, что по латыни означает «клетка». Этот термин очень точно характеризовал объект, который исследовал Гук – мертвые клетки бутылочной пробки. От них сохраняются только оболочки и поэтому они похожи на крохотные ячейки. Однако позже, в XIX в. содержание термина изменилось. В наши дни, говоря о клетке, имеют в виду, прежде всего, ее содержимое, или протопласт. Тем не менее, термин Гука сохранился в науке, и представляет пример «неудачного термина со счастливым концом».

Почти одновременно с Гуком (в 1671-1682 гг.) итальянец Марчелло Мальпиги (1628-1694) и англичанин Неемия Грю (1641-1712) независимо друг от друга опубликовали работы, положившие начало анатомии

растений. Они не только описали клетки и ткани разных органов, но и пытались выяснить значение этих структур. Мальпиги проводил опыт с кольцеванием стеблей древесных растений, которые доказали, что растворы питательных веществ перемещаются по стеблям в двух направлениях. Еще более точно описал движение веществ по органам растений англичанин Гельс (1677-1761). Свои выводы он основывал на собственных оригинальных экспериментах. Жизненные явления, происходящие в растениях, Гельс в 1727 г. объяснял законами физики и химии. Гельс вычислил скорость движения воды по растению и опытным путем определил количество воды, которое растения испаряют за сутки. Оказалось, что на единицу веса тела растения испаряют в среднем в 17 раз больше воды, чем человек. Гельса по справедливости считают основателем экспериментальной физиологии растений. И все же до XIX в. господствующим направлением ботаники оставалась систематика. Мышление ученых было метафизическим, т.е. вещи и явления они рассматривали неизменными и независимыми друг от друга, отрицали какое-либо поступательное развитие.

В XVIII в. наряду с систематикой обособляется как самостоятельная наука морфология. Она пытается выяснить общие законы строения и индивидуального развития растений. Ее появление связано с работами немецких ученых: медика-биолога Каспара Фридриха Вольфа (1734-1794) и великого поэта (автора поэмы «Фауст») и натуралиста Иоганна Вольфганга Гёте (1749-1832).

Вольф, изучая под микроскопом почки, зачатки листьев и корней, проследил развитие клеток, тканей и органов зародышей и в 1759 г. доказал возможность новообразований в ходе морфогенеза растений. Гёте развивал идею о единстве и метаморфозах (видоизменениях) органов цветковых растений. В 1790 г. в работе «Опыт объяснения метаморфоза растений» он показал, что листья, лепестки, тычинки, плодолистики формируются в онтогенезе как результат видоизменений листа. Идея Гёте заложила основу теоретической морфологии растений.

1.5. ОФОРМЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ БОТАНИКИ КАК СИСТЕМЫ НАУК, КЛЕТОЧНАЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИИ

Значительными успехами ботаники отмечен XIX в. Оформились и возникали новые ее разделы – физиология, анатомия, эмбриология, география и экология растений, геоботаника, палеоботаника, учение о водорослях, грибах и других низших организмах и т.д. По существу именно в XIX в. ботаника приняла современный вид. Во всех ее разделах был накоплен громадный фактический материал, что создало базу для обещающих теорий. Важнейшими из них стали теория клеточного

строения (клеточная теория) организмов и теория эволюционного развития жизни (эволюционная теория). Эти теории способствовали крушению метафизических взглядов и переходу к диалектическому (от греч. диалектик – искусство вести беседу, спор) мировоззрению, которое рассматривает явления действительности в их развитии и взаимосвязях.

Сущность клеточной теории заключается в том, что все организмы (за исключением вирусов) состоят из клеток, которые, следовательно, являются элементарными структурными единицами жизни, и каждый организм начинает свое развитие из одной клетки. К этим своим основным положениям клеточная теория шла почти 200 лет. Как уже упоминалось, впервые клеточное строение растений увидел и описал Р. Гук в 1665 г. Однако, он, в сущности, имел дело не собственно с клетками, а только с опробковевшими оболочками, каковые долго считали самыми важными частями клеток. Во времена Гука полагали, что растения, помимо клеток, содержат и другие элементы – сосуды-трубочки, волокна и бесструктурную слизь. Некоторые ученые думали, что клетки возникают заново именно из этой слизи. Такие взгляды высказывал, например, уже упомянутый нами К.Ф. Вольф. Кроме того оказалось, что тела животных сильно отличаются по своему строению от растений и состоят из костей, хрящей, мускулов, крови и других тканей, клеточное строение которых не было очевидным. Потребовалось более 120 лет, чтобы ученые доказали клеточное строение организмов животных. В 1838 г. немецкий ботаник Матиас Якоб Шлейден (1804-1881) установил, что клетка – это универсальная структурная единица в теле растений, а в следующем году зоолог Теодор Шванн (1810-1882) распространил этот вывод и на животных.

Разработка клеточной теории оказала громадное влияние на дальнейшее развитие биологии и всего естествознания. Ученые начали тщательно изучать клетки, особенно их содержимое. В 30-40-х годах XIX в. установили, что основные носители жизни клетки – ее ядро и протоплазма, а вовсе не оболочка, как думали раньше. В 1859 г. немецкий патолог Рудольф Вирхов (1821-1902) доказал, что все организмы начинают свое развитие из одной клетки изложив принцип преемственности клеток. И сформулировал свой знаменитый афоризм «*omnis cellula e cellula*» («всякая клетка от клетки»). Это был итоговый вывод наконец-то сформировавшейся клеточной теории, которая показала единство строения всех организмов (растений, животных, грибов, бактерий; одноклеточных и многоклеточных).

В 70-х годах XIX в. был доказан также принцип преемственности ядерных структур – хромосом. Оформилась новая биологическая наука – цитология.

Выход в свет (1859 г.) книги Чарльза Дарвина (1809-1882) «Происхождение видов путем естественного отбора» ознаменовало новую

эпоху в развитии всей биологии. Дарвинские идеи эволюционизма (лат. *evolution* – развитие), утверждавшие историческое развитие живой природы и происхождение ныне существующих видов от ранее существовавших путем длительного их изменения, были встречены биологами того времени с большим энтузиазмом и широко использованы как основополагающие для многих направлений биологии. Так, для систематиков главной задачей стало установление степени родства разных таксонов и восстановление (реконструкция) филогенетического (от греч. *phyllon* – род, племя и *genesis* – происхождение), или родословного древа организмов. Морфологи теперь не ограничивались только описанием внешних и внутренних структур, а старались выявить причины их возникновения в процессе эволюции. Закономерности географического размещения организмов стали объяснять не только современными условиями, но и историческими причинами.

Почти во всех разделах ботаники возникают эволюционные направления. Работы немецкого ботаника Эдуарда Страсбургера (1844-1912), французского анатома растений Филиппа ванн Тигема (1839-1914), американского – Эдварда Джеффри (1866-1952), составили фундамент эволюционной анатомии и морфологии растений. Особый интерес вызвало изучение ископаемых остатков растений, свидетельствующих о конкретных путях эволюционных преобразований органов и о вымерших звеньях эволюции. Палеоботаника, таким образом, тоже включилась в решение эволюционных вопросов.

Наряду с эволюционизмом во второй половине XIX в. в биологии начинают господствовать еще две обобщающие идеи: 1) представление об изменениях организмов, а также их тканей и органов в процессе индивидуального развития (онтогенетический подход); 2) стремление изучать растения во всем разнообразии их связей друг с другом и с внешней средой (экологический подход).

В рамках онтогенетического подхода развиваются цитогенетические (развитие клеток), гистогенетические (развитие тканей), органогенетические (развитие органов) и онтогенетические (развитие организмов) исследования. Большой вклад в эти направления внес немецкий ученый Вильгельм Гофмейстер (1824-1877), который подробно описал циклы воспроизведения высших споровых и семенных растений и доказал их принципиальное сходство. Были изучены процессы оплодотворения у растений и образования у них зародышей. В 1898 г. русский эмбриолог С.Г. Навашин (1857-1930) обнаружил двойное оплодотворение у покрытосеменных.

Экологический подход дал толчок появлению и формированию ботанической географии, экологии растений и фитоценологии. Хотя эти три науки тесно связаны друг с другом, но возникли они в разное время. Самая старая из них – география растений, предыстория ее начинается с

флористических исследований (составления списка видов) конкретных теорий. Заметную роль в них сыграли русские академики, немцы по национальности Иоганн Гмелин (1709-1755), опубликовавший 4-томную «Флору Сибири», и Петр Паллас (1741-1811), изучавший флору Урала, Сибири южной части Европейской России, а также русский ученый С.П. Крашенинников (1711-1755), автор классического труда «Описание Земли Камчатки» (1756), где имеется много сведений о растениях.

Как самостоятельная наука география растений оформилась в начале XIX в. после опубликования в 1807 г. первого тома книги немецкого естествоиспытателя, географа и путешественника Александра Гумбольдта (1769-1859) «Путешествие в равноденственные области Нового Света». В этой книге Гумбольдт обобщил сведения о географическом и высотном распространении растений и показал его зависимость от климата. Он также впервые обратил внимание на то, что внешний вид растений и их сообществ придают характерный облик ландшафту. Были выделены 16 (позже 19) основных, или физиономических форм растений, отличающихся друг от друга эпоморфологическими (габитуальными) признаками и приуроченных к определенным типам климата. Это была первая экологическая классификация растений. Идеи Гумбольдта получили дальнейшее развитие в трудах немецкого ботаника Августа Гризбаха (1814-1879) и датского ботаника Йоханнеса Эугениуса Варминга (1841-1924), которого считают одним из основоположников экологии растений.

Экология – сравнительно молодая наука, она возникла как самостоятельная благодаря биологу-эволюционисту и активному пропагандисту дарвинизма Эрнсту Геккелю (1834-1919). Его труд «Общая морфология организмов» (1866) заложил фундамент нового для биологов направления исследований. Довольно быстро в 90-х годах XIX в. от него отделились ветвь, изучающая сообщества организмов (биоценозы), а от нее, в свою очередь ветвь, изучающая растительные сообщества (фитоценозы). Последнее направление называли фитосоциологией, а в СССР с 30-х годов XX в. – фитоценологией. В ее становление и развитие большой вклад внесли наши соотечественники – академик В.Н. Сукачев (1880-1967), крупнейший фитоценолог и лесовед, профессор Московского университета В.В. Алехин, основатель кафедры геоботаники МГУ.

В конце XIX в. выделяются как самостоятельные науки альгология (наука о водорослях) и микология (наука о грибах). Их основы заложили русские ученые Л.С. Ценковский (1822-1887) и М.С. Воронин (1838-1903). Значительных успехов добилась физиология растений, особенно в изучении фотосинтеза. Осознанию космической и глобальной роли этого процесса много способствовал наш соотечественник, выдающийся физиолог растений и пропагандист дарвинизма К.А. Тимирязев. Честь открытия хемосинтеза у бактерий принадлежит русскому микробиологу

С.Н. Виноградскому (1856-1953), а открытие и изучение вирусов – русскому ботанику Д.И. Ивановскому (1864-1920).

1.6. БОТАНИКА ХХІ в.

Новый прорыв в развитии биологии, в том числе и ботаники, произошел в XX в. Одной из его причин стал общий научно-технический прогресс, стимулировавший появление новых исследовательских инструментов и методов. Разрабатываются статистико-математические, популяционно-генетические, морфологические и онтогенетические методики исследований. Для изучения клеток и тканей широко используются гистохимические и биохимические подходы, структура молекул изучается с помощью рентгеноסקопии и т.д. В середине века были изобретены электронные микроскопы (трансмиссионный и сканирующий) с высокой разрешающей способностью, в сотни раз большей, чем у светового микроскопа. Это изобретение открыло новую страницу в развитии цитологии, эмбриологии и анатомии, поскольку позволяло изучить прежде невидимую ультраструктуру молекул, клеток и тканей. В результате был получен большой объем новых научных данных. Они существенно дополнили богатое научное наследие XIX в. и заставили критически переосмыслить ряд уже сформировавшихся теорий и концепций.

Научному прогрессу XIX в. способствовала также принципиально новая по сравнению с XIX в. организация научных исследований. Если прежде ученые работали преимущественно индивидуально, руководствуясь собственными научными интересами, то в XX в. возникают большие научные коллективы, где множество ученых решают сообща проблемы, наиболее важные для развития науки и производства. Крупные научные центры координируют работу множества ученых. В России таким центром ботанических исследований стал Ботанический институт имени академика В.Л. Комарова Российской Академии наук, находящийся в Санкт-Петербурге. Крупные ботанические центры на базе университетов имеются в Москве, Казани, Томске, Екатеринбурге, а на базе РАН – в Новосибирске, Иркутске, Красноярске, Владивостоке.

Координация научных исследований происходит в глобальных масштабах. Роль основного координатора принадлежит ЮНЕСКО, которая регулярно разрабатывает и публикует конвенции (лат. *convention* – договор, условие, соглашение) по наиболее актуальным для планеты научным проблемам. Так, в 1995 г. вышла Конвенция по изменению климата на Земле, в 1996 – по охране озонового слоя, в 2000 – по биоразнообразию и римская конвенция по охране растительности.

Современные методы математического моделирования на компьютерной технике позволяют ученым проводить виртуальные

эксперименты в масштабе целой планеты, прогнозировать ход событий в критических ситуациях (например, в случае ядерной войны), давать обоснованные рекомендации по эффективному устранению опасностей, грозящих существованию человечества.

В XX в. добились крупных успехов экспериментальные разделы биологии (физиология, генетика, микробиология, биохимия). Было расшифровано молекулярное строение хлорофилла, белков, нуклеиновых кислот. Удалось выявить механизмы циклических биохимических реакций, в результате которых в живых клетках образуются сложнейшие вещества, а также искусственно синтезировать некоторые из этих веществ. Экспериментальные и математические методы проникают в те разделы биологии и ботаники, которые прежде были только описательными. Одновременно усиливаются интеграция и взаимообогащение наук, бурно развивается генетика, возникают биохимия, биофизика, а на их основе новая наука – молекулярная биология. Расшифровка в середине века структуры молекул ДНК (Уотсон и Крик, 1958) и генетического кода оказала громадное влияние на все биологические науки.

В эмбриологии растений сделан ряд открытий общебиологического значения: открытие двойного оплодотворения у цветковых растений (С.Г. Навашин, 1898) и у голосеменных из порядка гнетовых; новая категория размножения (эмбриоидогения) с помощью соматических зародышей, образующихся без оплодотворения; создана общая теория репродукции цветковых растений (принципы формирования систем репродукции, эмбриологические механизмы генетической гетерогенности семян, принципы структурной организации эмбриональных структур); открытие генов, контролирующих морфогенез генеративных и вегетативных структур.

Современная эмбриология ставит своей задачей управление развитием организмов. Такие открытия XX в., как экспериментальная гаплоидия, парасексуальная гибридизация и выращивание растений из соматических клеток, имеющие общебиологическое значение, особенно для практики сельского хозяйства, не могут быть использованы в полной мере без знания эмбриологии. Эффективно использовать различные методы исследования, такие как отдаленная гибридизация, выращивание гибридных зародышей на искусственной питательной среде, полиплоидия, экспериментальный мутагенез, влияние ионизирующих излучений и условий выращивания, также невозможно без глубокого знания эмбриональных процессов.

Эмбриология – неотъемлемая часть развития биологии развития, возникшей на стыке морфологии, генетики, физиологии и селекции. Все более очевидны прикладные аспекты эмбриологии, которая играет ведущую роль в разработке современных биотехнологий и в решении ряда практических сельскохозяйственных проблем, в частности, получении

новых сортов и быстром размножении особо ценных и редких растений.

При отдаленной гибридизации использование эмбриокультуры особенно перспективно. Известно, что гибридные зародыши часто гибнут еще в зародышевом мешке, поэтому для дальнейшего успешного развития необходимо извлекать зародыши из зародышевых мешков желательно на стадии автономности и высаживать на искусственную питательную среду. Этот прием был использован при скрещивании двух видов ячменя *Hordeum vulgare* и *Hordeum bulbosum*. Скрещивание этих видов вызывает элиминацию хромосом у *H. Bulbosum*, в результате чего получаются гаплоидные зародыши *H. Vulgare*, которые впоследствии диплоизируются. Своевременная изоляция зародышей из зерновок, их культивирование и успешная диплоидизация полученных растений дают возможность быстро создать гомозиготные линии. Такие методики позволяют значительно сокращать сроки выведения новых сортов ценных сельскохозяйственных растений.

Классические разделы ботаники – систематика и морфология – в XX в. обогатились новыми фактическими данными и существенно изменили свои теоретические установки. Была создана принципиально новая классификация прокариот, основанная исключительно на биохимических и физиологических признаках. Заново переработаны системы водорослей и грибов. В результате, как было уже отмечено, ученые отказались от концепций двух и даже четырех царств живой природы и заменили их представлениями о множестве царств (до 7-10 и даже 20).

В систематике растений XX в. на основе новых популяционных и генетических подходов переосмыслена монотипическая концепция вида, которая рассматривает его как основную низшую и неделимую таксономическую категорию. На смену приходит политипическая трактовка вида, допускающая его полиморфизм, генетическое и экологическое разнообразие, наличие внутривидовых таксонов разного ранга. Одновременно возникает критическое отношение к ранее безраздельно господствовавшим монофилетическим системам, основанным для покрытосеменных на стробилиарной теории цветка, т.е. происхождения его от стробила (шишки) голосеменных. Эти системы продолжают существовать и ныне, например, системы академиков А.Л. Тахтаджяна, 1942, 1954, 1959, 1966; А. Кронквиста, 1957, 1968. Однако, во второй половине века появляются новые данные о строении цветков и способах их опыления у наиболее примитивных из ныне живущих цветковых (работы Н.В. Первухиной, 1970, 1971). А также новые палеоботанические сведения по морфологии и экологии ископаемых высших растений (работы С.В. Мейена, 1971, 1981, 1987). Эти новые факты склоняют многих ученых к идеям полифилетизма и заставляют изменить принятые прежде графические изображения процесса филогенеза в форме генеалогического древа. Место «филогенетических деревьев» все

чаще занимает так называемый «филогенетический газон», представляющий горизонтальную проекцию кроны этих деревьев. Такой способ изображения отражает не столько родственные связи таксонов, сколько их эволюционную удаленность от предполагаемых предков.

В последние десятилетия XX в. в систематику растений внедряются новые направления: хемосистематика, разрабатывающая классификацию по признакам химического состава; геносистематика, изучающая гены в классификационных целях; кариосистематика, исследующая структуру и число хромосом. Эти направления дополняют уже имеющиеся, хотя часто создают свои собственные классификационные системы, расходящиеся с общепринятыми. Возникает необходимость согласования результатов и дополнительных исследований. Проблема создания более совершенных классификационных систем остается по-прежнему актуальной.

Конвенция ЮНЕСКО 2000 г. по биоразнообразию ставит целью разработку биологических классификаций, как необходимой основы для инвентаризации флоры и фауны в глобальном масштабе. К сожалению, во многих странах мира, особенно развивающихся или находящихся в труднодоступных районах, к подобной инвентаризации еще не приступили. Наша страна в этом отношении находится в более выгодном положении, поскольку в 1934-1964 гг. была выпущена 300 томная «Флора СССР» под редакцией академика В.Л. Комарова (1869-1945). Этот грандиозный труд включает 21000 видов папоротникообразных и семенных растений. Правда, эти цифры требуют пересмотра с позиции современной систематики.

Наукой XX и XIX вв. считают фитоценологию – учение о растительных сообществах и растительном покрове. Уже отмечено, что этот раздел ботаники сравнительно молод и признан как самостоятельный только в первом десятилетии XX в. Однако он быстро развивался и был широко востребован как для практических целей (картирования растительности, выявления растительных ресурсов, повышения продуктивности фитоценозов, разработки природоохранных мероприятий и т.д.), так и для решения теоретических проблем (классификация растительности, определения устойчивости фитоценозов, их циклических и направленных изменений, индикационных возможностей и т.п.). В 30-40-х годах XX в. под руководством академика Е.М. Лавренко (1900-1987) была составлена и в 1954 г. опубликована «Геоботаническая карта СССР». На ней показана растительность всей страны – леса, степи, пустыни, болота, тундры, горная растительность. Эта карта имеет большую научную и практическую ценность, поскольку дает основу для учета растительных богатств страны и их рационального использования.

Во второй половине XX в. в фитоценологии оформилось популяционно-онтогенетическое направление, объектом изучения которого стали ценоотические популяции, т.е. совокупности особей одного

вида в границах растительного сообщества. Это направление оказалось перспективным для выявления механизмов устойчивости и динамики сообществ, выделения контуров однородной растительности в непрерывном растительном покрове, прогнозирования смен фитоценозов и т.п. В разработке и развитии онтогенетически-популяционного направления велика роль отечественных ученых – профессора Т.А. Работнова (1903-2000) и А.А. Уранова (1901-1974).

В современной фитоценологии широко используются статистические и математические методы обработки данных, построение компьютерных пространственно-функциональных моделей растительных сообществ, результаты дистанционного зондирования Земли с помощью космических спутников. В условиях возрастающих антропогенных нагрузок и уничтожения естественного растительного покрова Земли значение фитоценологических исследований неуклонно возрастает.

Таким образом, в XXI в. ботаника вступила как система большого числа взаимосвязанных и дополняющих друг друга ботанических наук, ориентированных на решение жизненно важных для человечества практических и теоретических задач.

ГЛАВА 2. РАЗДЕЛЫ БОТАНИКИ

Человек рано осознал свою зависимость от растительного мира, поэтому зачатки практических знаний о растениях восходят к древнейшим этапам развития человеческих цивилизаций. Первые датируемые сведения о растениях содержатся в клинописных табличных материалах Древнего Востока. Основы ботаники как науки заложили древние греки. Древнегреческий философ и естествоиспытатель Теофраст (ок. 370-285 гг. до н.э.) назван К. Линнеем «отцом ботаники». После общего упадка естествознания в средние века ботаника начинает интенсивно развиваться с XVI в. В XVIII–XIX вв. происходит интенсивная дифференциация ее на отдельные дисциплины, и к первой половине XX в. складывается комплекс наук о растениях.

Ботаника занимается изучением растений (от греч. ботанэ – трава, растение, овощ). Ботаника как наука стала складываться еще в Древней Греции.

Исторически ботаника складывалась как описательная наука, изучающая различные стороны жизнедеятельности растений: их строение, функции, систематическое разнообразие, географическое распространение и т.д.

Большой вклад в развитие ботанических знаний внесли ученые Римской империи. Поэтому большинство терминов, употребляемых в ботанической литературе, греческого или латинского происхождения.

В древние времена больше всего интересовались утилитарными растениями: пищевыми, кормовыми, лекарственными, красильными, ядовитыми. С открытием новых земель, а следовательно, растений и животных, развивалась систематика растений – наука о классификации растений. Вначале она была основана только на морфологических особенностях их.

С развитием химии, физики, техники, появлением микроскопов стали изучать процессы, происходящие в растениях, внутреннее их строение, химический состав и т.д. В настоящее время ботаника представляет собой обширную науку, изучающую растения в онтогенезе и филогенезе, их морфологию, анатомию и физиологию, в связи с условиями окружающей среды.

Морфология растений (греч. *morpha* – форма и *logos* – слово, учение) – наука о закономерностях строения и процессах формообразования растений. В широком смысле морфология растений, или структурная ботаника, изучает как внешнее, воспринимаемое непосредственно человеческим взглядом, так и внутреннее, видимое лишь с помощью оптических инструментов (лупы, светового и электронного микроскопов) строение растений. Основные успехи в этой области знаний были достигнуты преимущественно в XIX и XX вв.

Как отдельная научная дисциплина обособилась *эмбриология растений* (греч. *embryon* – зародыш), исследующая закономерности зарождения и первые этапы развития растительных организмов. Современная эмбриология бурно развивается, ставит своей задачей управление развитием организмов и тесно связана с цитологией, физиологией, генетикой, селекцией и с другими науками. Эмбриологическая информация становится все более и более необходимой для теоретических и экспериментальных исследований, касающихся вопросов размножения растений.

Эмбриология – ботаническая дисциплина, изучающая закономерности образования и развития различных структур, обеспечивающих половое размножение растений. Основы эмбриологии заложены во второй половине XVIII в., но фундаментальные открытия здесь были сделаны к началу XX в.

Систематика растений ставит своими целями описание, обозначение всех существующих и некогда существовавших, а ныне вымерших видов, а также их классификацию, т.е. распределение по систематическим группам разного ранга (родам, семействам, порядкам, классам и отделам). Индивидуализация видов и их расположение в легко обозримой классификационной системе необходимы для успешных исследований в любой отрасли ботаники. Главные же задачи современной систематики – восстановление путей эволюционного развития растительного мира и выявление степени родства между разными

систематическими группами. Вопросы систематики решаются в тесном контакте с другими ботаническими науками: морфологией, географией растений, палеоботаникой и др.

Среди ботанических наук систематика занимает центральное место. По выражению К. Линнея она представляет «нить Ариадны» для любой отрасли биологии, а академик А.Л. Тахтаджян называет ее «фундаментом и венцом биологии».

Как и морфология растений, систематика активно развивается в наше время и пополняется новыми направлениями, например, хемосистематикой, изучающей химические отличия растений разных групп, кариосистематикой, исследующей структуру хромосом и их наборы (кариотипы), геносистематикой, анализирующей строение ДНК и РНК. Для современной систематики растений характерны специализация по объектам изучения, поскольку в последние десятилетия утвердилась концепция множества царств живой природы. К дроблению систематики подталкивают также все увеличивающиеся объемы конкретных знаний по каждой крупной систематической группе. Выделились такие науки, как альгология (греч. *alga* – водоросль), микология (греч. *mykes* – гриб), бриология (греч. *bryon* – мох).

Физиология растений исследует жизненные процессы, присущие растениям: фотосинтез, корневое питание, обмен веществ, рост, развитие и т.д. Эта наука базируется, главным образом, на экспериментах и широко использует данные биохимии и биофизики. Физиология в комплексе с другими ботаническими науками создает теоретические разработки и практические рекомендации, необходимые для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Фитоценология изучает растительные сообщества – фитоценозы (греч. *phyton* – растение, *koinos* – общий). Фитоценозом называют совокупности разных видов растений, которые живут совместно на однородном участке земной поверхности, влияют друг на друга и взаимодействуют с окружающей средой, изменяя ее. Различают фитоценозы естественные (леса, луга, болота, степи, тундры) и искусственные (поля, огороды, сады, парки). Естественные фитоценозы обладают относительно постоянным набором видов и устойчивым строением. Искусственные фитоценозы лишены таких свойств и нуждаются в уходе со стороны человека. Фитоценология – сравнительно молодая наука, официально она была признана лишь в 1910 г. В отличие от классических ботанических дисциплин (морфологии и систематики растений) фитоценология изучает жизнь растений не на организменном и популяционно-видовом, а на ценоотическом, или экосистемном уровне. Фитоценология тесно связана с экологией, физиологией и географией растений. Ряд прикладных направлений ботаники (лесоведение, луговедение, степеведение, тундроведение) по существу являются

разделами фитоценологии.

География растений (нередко рассматривается как биогеография) зародилась в начале XIX в. Она занимается изучением закономерностей формирования растительного покрова, распространения типов растительности и отдельных таксонов растений. Из ботанической географии к концу XIX в. выделилась геоботаника – наука, исследующая распространение растительных сообществ и их особенности.

Экология растений выясняет взаимоотношения растений со средой и с другими организмами. Она возникла в начале XIX в. и затем стала основой общей экологии. В настоящее время это одна из важнейших отраслей знаний о природе.

Экология растений исследует зависимость строения и функционирования растений, их популяций и фитоценозов от условий среды обитания. Экология исследует основные приспособительные признаки организмов, сформировавшиеся в ходе их эволюции, характеризует и классифицирует экологические группы растений, имеющие сходные адаптации к определенным условиям внешней среды, изучает закономерности популяционной жизни видов, структуру и динамику фитоценозов. Главные задачи экологии: выявление закономерностей, определяющих устойчивость экосистем и их способность к самоподдержанию; разработка научных основ для природоохранных мероприятий. Экологические аспекты присущи многим ботаническим наукам, и эти направления все чаще выделяют как самостоятельные дисциплины, например, экологическая анатомия, экологическая морфология и экологическая физиология.

Помимо фундаментальных ботанических дисциплин, выделяют ряд прикладных наук, также относимых к ботанике. Главнейшей из них считается ботаническое ресурсоведение или экономическая ботаника, этноботаника (термины западноевропейских ботаников). В этих науках рассматриваются все аспекты использования растений человеком.

В зависимости от объектов и методов их изучения, а также практических потребностей выделяют ряд других узких ботанических дисциплин. В пределах морфологии растений выделяют карпологию – раздел знаний о плодах, в анатомии – палинологию, изучающую строение пыльцы. Предметом исследования палеоботаники являются ископаемые растения. У палеоботаники свои методы изучения, близкие к методам палеонтологии (науки о любых ископаемых организмах).

Альгология изучает водоросли, *биология* – мхи, *птеридология* – папоротники и т.д. *Дендрология* исследует разнообразные аспекты жизни деревьев и кустарников.

Микробиология – наука об особенностях жизненных процессов, происходящих в микроскопических организмах, преобладающую часть которых составляют бактерии и некоторые грибы. Успехи почвенной

микробиологии широко используют в сельскохозяйственной практике.

Палеоботаника – наука об ископаемых растениях прошлых геологических периодов. Другие разделы ботаники настолько обособились в связи с решением специальных задач и применяемыми методами работы, что давно уже составляют особые науки, например, биофизика, биохимия, радиология, генетика и т.д.

Таким образом, современная ботаника представляет собой сложную систему разнообразных наук, в которой проходят дальнейшее дробление и специализация. Эти тенденции развития ботанических наук полезны для систематизации и углубления наших знаний. Однако в ботанике, как в любой науке, наряду со специализацией идет и обратный процесс – интеграция (от лат. *integer* – целый), слияние, объединение наук. К таким интегрированным, или синтетическим (от греч. *synthesis* – соединение), наукам относится, например, репродуктивная биология растений, обобщающая сведения о процессах размножения растений, которая возникла в 70-х годах XX в. Синтетическими науками являются также упомянутые геносистематика, опирающаяся на данные биохимии, генетики и систематики; биоморфология, тесно связанная со структурной ботаникой, экологией и географией растений и т.д. Интеграция ботанических наук, способствующая обобщению результатов разных подразделений ботаники, дает толчок для формирования общебиологических представлений. На стыке наук появляются новые идеи и концепции, открываются новые возможности для практического использования результатов научных исследований.

Как было уже отмечено, ботаника – составная более общей науки – биологии. Общая сфера приложения ботаники – не только растения суши, но и растения Мирового океана и атмосферы. Более того, в наше время сфера приложения этой науки выходит за рамки нашей планеты (астроботаника). Ботаника в свою очередь подразделяется на целую серию более частных и конкретных наук, каждая из которых изучает те или иные закономерности развития, строения и жизни растения или растительного покрова.

2.1. ЦИТОЛОГИЯ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЕТКИ

Цитология – наука о микроскопической и субмикроскопической структуре клетки и ее жизнедеятельности. Клетка – это элементарная структурная и фундаментальная единица тела растений и животных, способная к самовоспроизведению (рис. 3).

Развитие учения о клетке тесно связано с изобретением микроскопа (от греческого «микрос» – небольшой и «скопео» – рассматриваю). Первый микроскоп был сконструирован в 1610 г. Галилеем и представлял собой сочетание линз в свинцовой трубке. Впервые микроскоп при

изучении биологических объектов применил Гук, обнаруживший в пробке и других растительных тканях мельчайшие замкнутые полости, названные им клетками (от греческого «китос» – полость). Это выдающееся биологическое открытие было опубликовано в 1667 г.

Свои наблюдения Р. Гук изложил в сочинении «Микрография», изданном в 1665г., где он впервые применил термин «клетка». Поскольку пробка состоит из мертвых клеток, имеющих только стенки, возникло ошибочное представление о том, что со стенками связаны основные жизненные свойства клетки. Содержимому клетки придавали второстепенное значение «питательного сока» или «растительной слизи». Только в XIX веке содержимое клетки привлекло внимание исследователей.

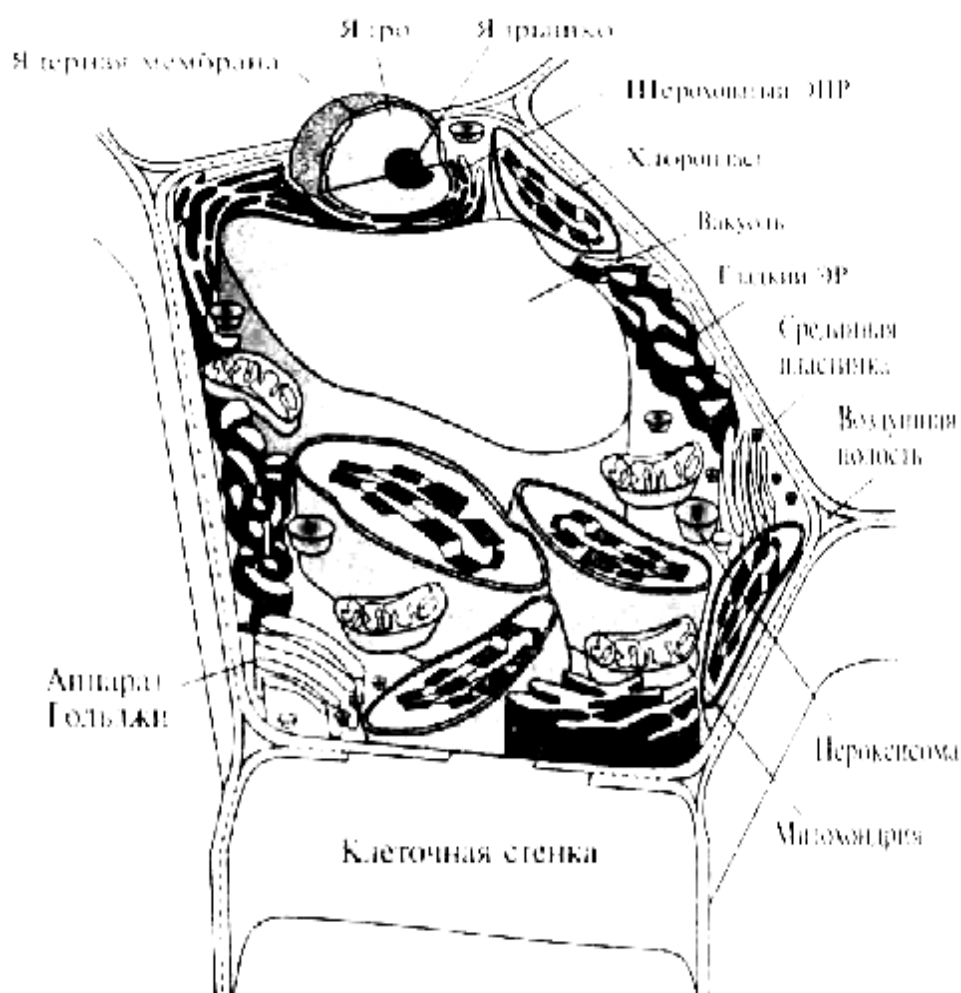


Рис. 3. Схема строения растительной клетки

В 1671 г. Мальпиги и Грю одновременно описали клеточное строение растительных организмов. Им же принадлежит заслуга обоснования учения об анатомии растений, однако первые ученые-микроскописты, придавая особое значение строению клеточных оболочек,

недооценивали роль содержимого клетки. Так, Левенгук, изготовивший линзы с достаточно большим увеличением, позволяющим обнаружить ядра в клетках различных растений и животных, не выделил ядро как самостоятельную органеллу клетки. Благодаря усовершенствованию микроскопа Левенгук обнаружил и описал одноклеточные организмы – бактерии, инфузории и грибы, а также одиночные клетки животных организмов – эритроциты и сперматозоиды. В 1676 г. он описал хроматофор у водоросли спирогиры. Содержимое живых клеток удобнее всего наблюдать у одноклеточных организмов, лишенных твердого скелета, например у инфузорий и амёб.

Исследования Мольденхавера в 1812 г. и Дютроше в 1824 г. окончательно подтвердили обособленность и морфологическую самостоятельность клеток. Выделяя из растительной ткани отдельные клетки, Мольденхавер показал, что каждая из них имеет свою собственную оболочку.

В тканях оболочки клеток склеены между собой особым межклеточным веществом. При мацерации тканей межклеточное вещество разрушается, и ткань распадается на отдельные клетки. Мацерацией называется процесс разъединения клеток (распад тканей) в результате разрушения межклеточного вещества.

Микроскопические исследования первых десятилетий XIX в. значительно расширили представления о роли клеток, определив подлинное их значение как основных элементов живой материи. В 1833 г. английский ботаник Р. Броун обнаружил ядро, а в 1839 г. чешский физиолог Я. Пуркинье – цитоплазму. Им же принадлежит приоритет в наименовании этих компонентов клетки. Броун в своей работе об органах и способах оплодотворения у орхидных, опубликованной в 1833 г., описал ядро и дал ему название – *nucleus*. Термин «протоплазма», определяющий остальное содержимое живой клетки был предложен Пуркинье в 1838-1840 гг. Этот термин приобрел всеобщее признание после опубликования обстоятельных исследований Моля в 1848 г., доказавшего значение живого содержимого клетки – протоплазмы и ядра.

Труды ученых XIX в. заметно обогатили науку о растительной клетке. Ботаник Шлейден (1838) и зоолог Шванн (1839) в своих работах показали общность структуры клеток у растительных и животных организмов. Однако технические трудности исследований того времени мешали созданию подлинных представлений о структуре клеток. Так, осталась недооцененной роль живого содержимого клетки – протоплазмы, хотя различными исследователями уже были открыты и описаны клеточные ядра, зерна хлорофилла и крахмала и кристаллы щавелевокислого кальция. Шлейден недостаточно отчетливо представлял строение протоплазмы и вакуолей, относя постенную протоплазму к оболочке клетки.

В истории науки о клетке Шлейдена и Шванна нередко называют единственными оформителями клеточной теории, между тем как они своими работами лишь завершили ее обоснование. Их теория включает три основных положения: теорию образования клеток, общность клеточного строения всех органов и частей организма и распространение этих двух принципов на рост и развитие растений и животных. Шлейден и Шванн изучили процесс развития клетки в ее онтогенезе, объяснили разнообразие и разнокачественность структур клеток у растений и животных и показали общность их происхождения, а тем самым – единство растительного и животного мира. В 1839 г. вышла в свет книга Шванна «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте между животными и растениями». Теория образования клеток и клеточного строения была изложена Шлейденом в работе «Данные о развитии растений» (1839).

В создании теории клеточного строения большая заслуга принадлежит русскому ученому П.Ф. Горянинову, широко образованному натуралисту, автору ряда учебников. В этом отношении представляет интерес учебник Горянинова «Начальные основания ботаники» (1827), где излагается клеточное строение растений. Им же в 1834 г. было отчетливо сформулировано положение о том, что все живое состоит из клеток, возникает из клеток и отличается от неживого своим клеточным строением.

Клеточная теория быстро получила всеобщее признание и вызвала большой интерес к детальному изучению строения организмов, что стимулировало дальнейшее развитие различных отраслей биологии.

Развитие цитологии шло параллельно с совершенствованием цитологической микротехники. В этом отношении большую роль сыграло ведение иммерсионных объективов (водной иммерсии в 1850 г., масляной – в 1878 г.), конденсора Аббе (в 1873 г.) и апохроматов (в 1886 г.). Кроме того, с середины XIX в. стали применять разнообразные методы фиксации и окраски тканей. А также заливки их в различные среды.

Дальнейшим этапом в развитии цитологии явились исследования Вирхова, окончательно подтвердившего, что основная роль в клетке принадлежит ее содержимому, а не оболочке. Однако наряду с этим неоспоримым положением в концепциях Вирхова были и некоторые ошибочные представления о жизни организма как сумме жизнедеятельности составляющих его клеток, а также об исключительном господстве клетки над условиями окружающей ее среды. Тем не менее, теория Вирхова (1858), так называемая «целлюлярная патология», сыграла важную роль в развитии цитологии, способствуя внедрению этой науки в медицину.

Во второй половине XIX века были сделаны новые открытия, обогатившие клеточную теорию. Точными экспериментальными

исследованиями было установлено деление клеток (работы И.Д. Чистякова, Э. Страсбургера и др.) и опровергнуто представление о самозарождении клеток из неклеточного вещества. Обнаружение цитоплазматической связи между клетками (работы Э. Руссова, И.Н. Горожанкина и др.) доказало целостность организма. К концу XIX века цитология окончательно сформировалась в самостоятельную науку. На базе светового микроскопа были изучены основные компоненты клетки, накапливались данные об их функциях.

Дальнейшее развитие цитология получила в трудах видного русского ботаника В.И. Беляева, который первым описал редукционное деление и опубликовал результаты своих наблюдений в 1898 г. В том же году крупный русский ученый С.Г. Навашин открыл явление двойного оплодотворения у покрытосеменных растений, положившее начало новой эре исследований в биологической науке. С.Г. Навашин является также основателем науки о ядре – кариологии.

Двадцатое столетие ознаменовалось большим числом цитологических исследований в результате усовершенствований в микротехнике, в частности в конструкции микроскопов. Русским цитологам принадлежит заслуга в изучении чисел и морфологии хромосом у многих видов и групп растений (работы С.Г. Навашина, Л.Н. Делоне, М.С. Навашина, Г.А. Левитского и др.), что имеет важное значение при решении филогенетических вопросов.

Первым отечественным учебным пособием по цитологии, на котором воспитывались многие поколения советских цитологов, была книга Л.П. Бреславец «Введение в цитологию», опубликованная в 1930 г. К этому периоду цитология уже располагала многими современными методами исследования и, перестав быть только описательной наукой, встала на путь функционального изучения клетки. Благодаря успехам современной микроскопии в развитии цитологии наступил резкий перелом: вместо раздельного изучения структуры и функции клетки стали исследовать клетку в тесной взаимосвязи ее строения и обмена веществ.

Перед цитологами встала новая задача, в которую входило комплексное изучение клетки и ее структур, приспособленных к выполнению совершенно определенных, специфических функций. При помощи современных методов исследования – поляризационной оптики, дифракции рентгеновских лучей и главным образом электронной микроскопии – в клетке были обнаружены новые, ранее неизвестные структуры. К ним прежде всего следует отнести многомембранные системы, строго увязанные с происходящими в клетке метаболическими процессами. В настоящее время благодаря возможности субмикроскопического изучения живой клетки морфологические методы ее исследований сочетаются с биохимическими, биофизиологическими и биофизическими методами.

Методы исследования клетки. Применяемые для изучения клеток методы очень разнообразны. Основной из них – *микроскопический*. Большую роль продолжает играть световой (фотонный) микроскоп, современные модели которого дают увеличение до 2 тыс. раз. С помощью светового микроскопа наблюдают тонкие срезы в проходящем или отраженном свете. Используя фазово-контрастное устройство, изучают строение компонентов живой клетки, имеющих одинаковый показатель преломления, но различную плотность. Но возможности светового микроскопа ограничены, частицы менее 0,2 мкм рассмотреть при помощи такого микроскопа невозможно.

Электронный микроскоп дает увеличение в 200-300 тыс. раз и более. Здесь вместо пучка света используют поток электронов, движущихся с высокой скоростью. Изучаемые срезы должны иметь толщину более 0,05 мкм и специальную окраску. Пучок электронов проходит через срез, раздвигается электромагнитными линзами и проецируется на экран, светящийся от ударов электронов, или на фотопластинку. При помощи электронного микроскопа можно рассмотреть частицы диаметром 1,5 нм.

Методом *культуры тканей* изучают структуру и жизнедеятельность живых клеток вне организма.

Цитохимический метод позволяет выявить наличие и определить количество различных веществ в клетке – белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, гормонов, витаминов и др.

Разделить компоненты клетки с различной плотностью для изолированного изучения их можно с помощью метода *центрифугирования*. Извлечь из клетки отдельные компоненты (ядро, митохондрии и др.) позволяет метод *микроскопической хирургии*.

Перед цитологами встала новая задача, в которую входило комплексное изучение клетки и ее структур, приспособленных к выполнению совершенно определенных, специфических функций. При помощи современных методов исследования – поляризационной оптики, дифракции рентгеновских лучей и, главным образом, электронной микроскопии – в клетке обнаружены новые, ранее неизвестные структуры. К ним, прежде всего, следует отнести многомембранные системы, строго увязанные с происходящими в клетке метаболическими процессами. В настоящее время благодаря возможности субмикроскопического изучения живой клетки морфологические методы ее исследования сочетаются с биохимическими, биофизическими и биофизиологическими методами.

2.2. МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Морфология – один из наиболее крупных и наиболее рано сформировавшихся разделов ботаники. Задача морфологии – изучение закономерностей возникновения и развития форм растений как в целом,

так и их частей – органов. Заложение и развитие органов растения рассматривают в двух планах: 1) в ходе индивидуального развития отдельной особи, например от прорастания семени-проростка до формирования новых семян и до конца жизни (онтогенез) и 2) в ходе исторического развития всего вида или любой другой систематической группы, к которой относят данную особь (филогенез).

Еще Ф. Мюллер (1864) констатировал, что в ходе индивидуального развития особи от заложения зародыша до развития во взрослую особь можно наблюдать отдельные этапы развития и становления органов, как они возникли исторически и в ходе общей эволюции всего вида. Таким образом, в индивидуальном (онтогенетическом) развитии особей данного вида повторяется история его происхождения. Этот закон Э. Геккель (1866) назвал «Основным биогенетическим законом».

Морфология растений во второй половине XX в. (после изобретения электронного микроскопа) пополнилась огромным объемом новых сведений об ультраструктуре клеток и тканей. Это заставило пересмотреть прежние взгляды на процессы жизнедеятельности растительного организма. Начался бурный прогресс цитологии и анатомии растений, которые развивались преимущественно в структурно-функциональном направлении и тесном контакте с физиологией и экологией.

Теоретическая морфология XX в. обогатилась новой трактовкой вегетативных органов. Стебель и лист стали рассматривать как единый орган – побег, т.е. переосмыслили концепцию «железной триады» – корень – стебель – лист. Новый взгляд опирался на результаты современных палеоботанических и морфогенетических исследований, а также на данные нодальной анатомии, изучающей внутреннюю структуру узлов (лат. *nodus* – узел).

В процессе развития морфологии в ее недрах обособились более специализированные науки: цитология – наука о закономерностях строения и развития основной структурной единицы – клетки растений и ее составных частей; анатомия (или гистология), изучающая заложение, развитие и строение разнообразных тканей, формирующих органы; эмбриология – наука о закономерностях развития и строения зародыша у разных групп растений; органография, изучающая заложение, развитие и структуру органов растения (корня, стебля, листа, цветка, плода и т.д.). Таков неполный объем морфологии растений в широком понимании.

Нередко морфологию понимают в узком смысле, как науку только о внешних формах растений и их органов. В этом случае анатомию определяют широко и неопределенно, как науку о внутреннем строении органов растений. Такое подразделение нельзя признать правильным и закономерным. Ибо, во-первых, первичная покровная ткань – эпидерма относится к внешним формам, а, например, семязачатки – к внутренним, поскольку они заключены внутри завязи. Но первое, т.е. эпидерма,

является объектом исследования анатомии, а второе – семязачатки – морфологии. Закономерно подразделять морфологию на две части в зависимости от метода работы: 1) микроскопическую – цитология, анатомия, эмбриология и 2) макроскопическую – органография и др.

Углубилось сравнительно-морфологическое направление. Наиболее крупных успехов в этой области морфологии добились немецкие ботаники школы Вильгельма Тролля (1897-1978), создавшие новую методологию структурного анализа побеговых систем, в особенности соцветий.

Активно развивались экологические разделы морфологии и эмбриологии, связанные с геоботаникой, физиологией и экологией растений. Узловым объектом изучения многих ботанических дисциплин, и в первую очередь экологической морфологии, в XX в. становятся жизненные формы (биоморфы) растений. Их исследуют с точек зрения роли и разнообразия во флорах, фитоценозах и географических ландшафтах; изменений в процессе индивидуального развития (онтогенеза) растений; эволюционных преобразований, проявляющихся в форме общих тенденций, в филогенезе крупных таксономических единиц и в конкретных путях морфологической эволюции в родах и семействах. Объединить и обобщить эти разнообразные аспекты анализа биоморф сумел наш соотечественник профессор И.Г. Серебряков (1914-1969). Он разработал новые принципы структурно-биологического изучения биоморф, учитывающие их изменения в онтогенезе и сезонную ритмику; ввел в морфологию ряд новых понятий, необходимых для характеристики растений как модульных организмов; разработал оригинальную классификацию биоморф, отражающую их важнейшие структурные и адаптационные признаки, параллельные эволюционные ряды в разных условиях обитания, преобразования в процессе морфологической эволюции. Как уже отмечено, в 80-х годах это направление ботаники стали называть биоморфологией, т.е. учением о жизненных формах. Она активно продолжает развиваться и в наши дни.

Внешнее строение растений, или эпиморфологию (греч. *epi* – на, над, сверх), изучает морфология в узком смысле слова, а внутреннюю структуру – анатомия растений (греч. *anatome* – разрезать). Науку о строении и жизнедеятельности клеток называют *цитологией* (греч. *kytos* *cytos* – сосуд, клетка), а о растительных тканях – *гистологией* (греч. *histos* – ткань). Распределение веществ в клетках и тканях с помощью химических реакций изучает *гистохимия*.

Некоторые разделы морфологии растений посвящены изучению отдельных органов. Так, *карпология* (греч. *karpos* – плод) исследует форму, строение, функции и морфогенез (лат. *genesis* – начало, происхождение) плодов и семян; *палинология* (греч. *paline* – тонкая пыль) изучает пыльцу и споры; *ризология* (греч. *rhiza* – корень) – строение и жизнедеятельность корней и корневых систем (рис. 4, 5, 6). Уклоняющимся (уродливым)

формам растений и их органов посвящена *тератология* (греч. *teras* – чудовище, урод).

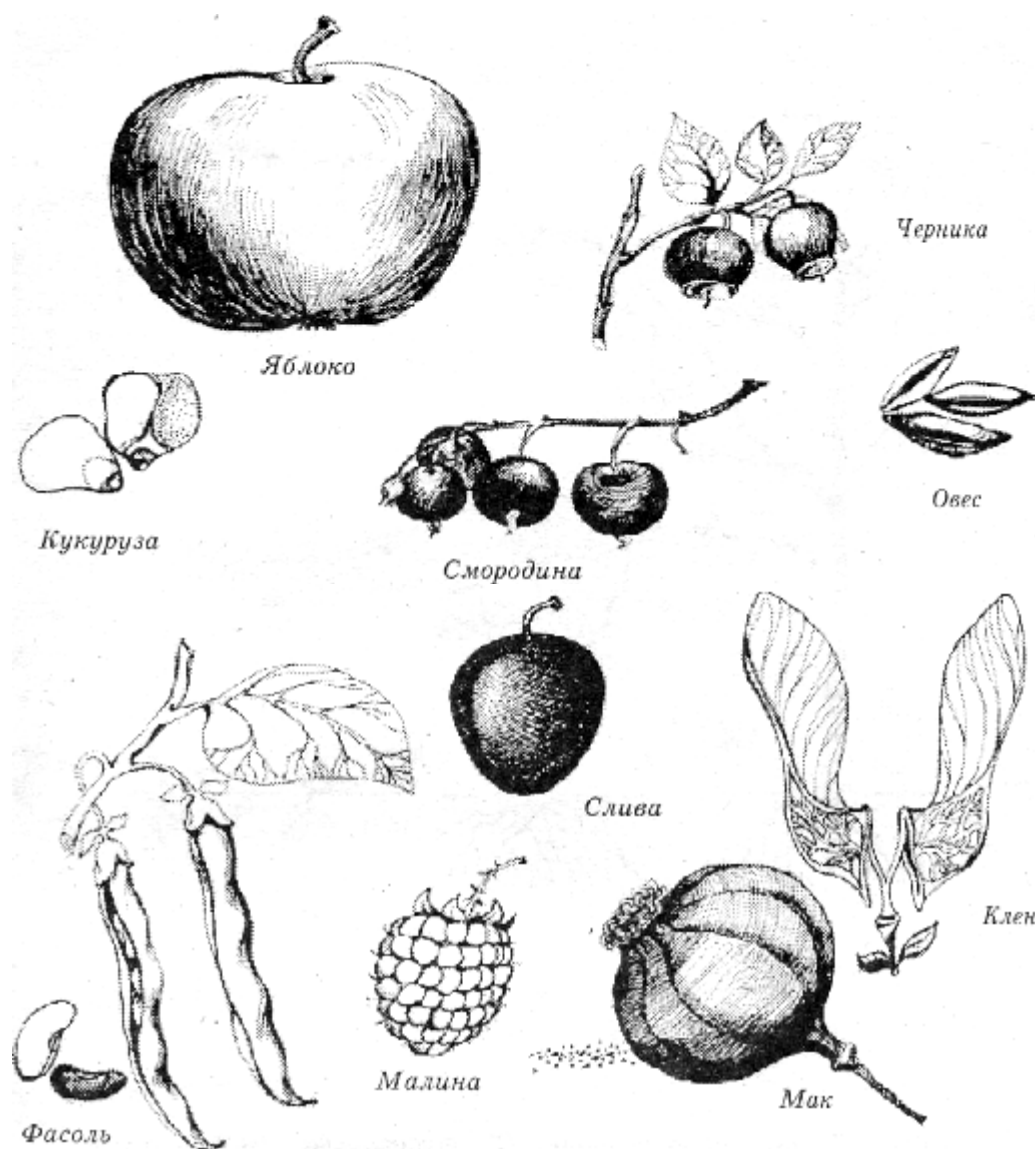


Рис. 4. Сухие и сочные плоды

По мере прогресса общебиологических знаний, признания эволюционных идей в качестве основополагающих для биологии и сознания зависимости строения и жизни растений от условий их произрастания возникли новые направления морфологии растений, тесно связанные с другими ботаническими науками.

Сравнительная морфология сопоставляет морфогенез, строение и функциональные особенности органов, тканей и клеток растений, принадлежащих к разным систематическим группам – как ныне живущим, так и вымершим (ископаемым). Эти сопоставления позволяют реконструировать способы морфологических преобразований растений в

ходе их эволюции, изменения их структур в масштабах геологического времени, что является задачей эволюционной морфологии. Обе эти науки тесно связаны с систематикой и географией растений, а также с палеоботаникой (греч. *palaios* – древний, наукой о вымерших, ископаемых растениях).

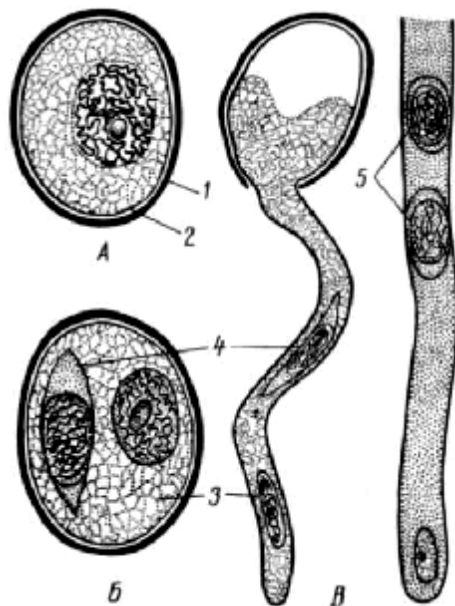


Рис. 5. Микроспора (А), ее прорастание – образование мужского гаметофита пыльцы (Б) и формирование пыльцевой трубки (В)

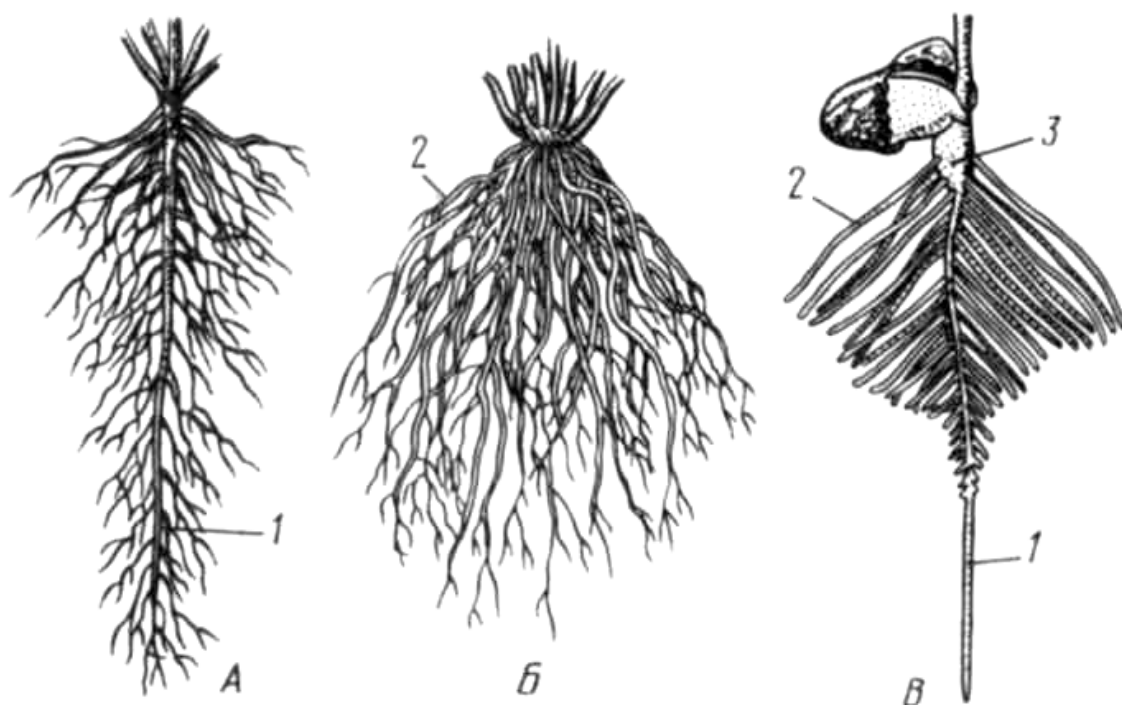


Рис. 6. Типы корневых систем:
А – главного корня, Б – придаточных корней, В – смешанная:
1 – главный корень, 2 – придаточные корни, 3 – гипокотиль.

Экологическая морфология (греч. *oikos* – жилище) изучает особенности внешнего и внутреннего строения и онтогенеза (греч. *ontos* – сущее), или индивидуального развития растений в зависимости от условий внешней среды. Узловым объектом изучения экологической морфологии стала жизненная форма или биоморфа растения (греч. *bios* – жизнь), т.е. его внешний облик (габитус), возникший в ходе эволюции и отражающий приспособленность к условиям среды. Раздел экологической морфологии растений, посвященный изучению жизненных форм, с 80-х годов XX в. стали называть биоморфологией. Она активно развивается в настоящее время.

2.3. ГИСТОЛОГИЯ

Переход растений от сравнительно однообразных условий жизни в водной среде к наземным сопровождался интенсивным процессом расчленения однодольного вегетативного тела на органы – стебель, листья, корень. Эти органы состоят из разнообразных по структуре клеток, которые размещены не беспорядочно, а составляют легко различимые группы. Группы однородных по структуре клеток, выполняющие одинаковую функцию и имеющие общее происхождения, называют тканями. Часто несколько тканей, имеющих одинаковое происхождение, образуют комплекс, функционирующий как единое целое.

Основы учения о тканях были заложены в XVII веке, когда в научных исследованиях стали использовать микроскоп, предшественником которого, по-видимому, был оптический инструмент, сконструированный Кеплером (1613-1617), дававший увеличенное обратное изображение объекта. Спустя почти полтора столетия после появления первого микроскопа М.В. Ломоносов писал в «Письме о пользе стекла» (1752), что «много микроскоп нам тайностей открыл невидимых частиц и тонких в теле жил!»

Первой тайной растений было открытие клетки англичанином Робертом Гуком (1633-1703). Рассматривая под микроскопом собственной конструкции срез бутылочной пробки, он обнаружил в ней структуру, напоминающую пчелиные соты (рис. 7). Их полости Р. Гук назвал клетками, а перегородки – промежутками, что было ошибкой ученого.

Открытие клетки стимулировало изучение внутреннего строения растений – их анатомии (от греч. *anato-mē* – рассечение). Основоположники этой науки – итальянский врач Марчелло Мальпиги (1628-1694) и англичанин, Секретарь Лондонского Королевского общества Неймия Грю (1641-1712). Работая независимо один от другого, оба исследователя одновременно (1617) представили в это общество монографии по анатомии растений.



*Рис. 7. Микроскоп Роберта Гука
(Вермель, 1970)*

М. Мальпиги описал внутреннее строение стебля, ветвей, листьев. Он обнаружил устьица, спиральные сосуды, которые были названы им трахеями по аналогии с органами дыхания насекомых. Заслуга М. Мальпиги состоит также в доказательстве нисходящего тока веществ, осуществляемого корой.



*Марчелло Мальпиги
(Вермель, 1970)*

Н. Грю изучил строение корня, расположение проводящих тканей в

осевых органах растений и обосновал положение, что все органы растений имеют всегда определенное, типичное для них строение. Н. Грю ввел в литературу термин «ткань», считая ее сложным сплетением тонких нитей, похожим на кружево.



*Неймия Грю
(Вермель, 1970)*

Признавая клеточное строение всех органов растений, оба ученых не знали, однако, как устроена клетка. Лишь в 1812 г., применив метод мацерации И. Молденгауэр (1766-1827) доказал индивидуальность каждой клетки, а в 1830 г. Ф. Мейен (1804-1840) сформулировал понятие о клетке как о пространстве, ограниченном оболочкой, которую он назвал мембраной. Эти исследования имели важное значение для дальнейшего изучения тканей.

В 1807 г. Г.Ф. Линк (1767-1851) ввел в литературу понятие о паренхиматических и прозенхиматических клетках. Первую группу составляют клетки шаровидные, полиэдрические (изодиаметрические) или слегка призматические, вторую – более или менее длинные, с заостренными концами. Ткани, состоящие из этих клеток, стали называть соответственно паренхимой и прозенхимой (кстати, этими терминами пользовался и Н. Грю).

Ботаники второй половины XIX века А. де Бари (1831-1888) и Ф. ван Тигем (1839-1914) называли тканью совокупность клеток одинакового строения, независимо от того, разбросаны они в теле растения или составляют компактные группы.

Классифицируя ткани, Ф. ван Тигем обращал внимание на наличие в клетках живого содержимого. По этому признаку он разделил ткани на живые и мертвые. К последним он отнес ткани, выполняющие в растении опорную роль и участвующие в проведении веществ. Условность такого разделения тканей очевидна: мертвые ткани на ранних стадиях развития состоят из живых клеток, а клетки живых тканей со временем могут терять содержимое и переходить в разряд мертвых.

Ю. Сакс (1832-1897) различал в растениях *покровную, пучковую и основную ткани*. Этой классификацией пользуются и в настоящее время. Неудобство ее состоит в том, что в одну ткань часто попадают клетки, разные не только по строению, но и по выполняемым функциям. Так, пучковую ткань составляют клетки, проводящие воду и растворы органических веществ, а также клетки с толстыми одревесневшими оболочками, играющие механическую роль. Еще большее число функционально разных клеток объединяет основная ткань. Нередко к тому же участку этой ткани разрознены и топографически не составляют непрерывную систему.

Все это усложняет определение термина «ткань» и создает трудности в отношении классификации тканей.

Наиболее удачное определение тканей, которым пользуются и в настоящее время, предложено в конце XIX века Ф. Габерландтом (1826-1878). Ткань – это устойчивый комплекс клеток, обладающих одним или несколькими сходными признаками: физиологическими, морфологическими, топографическими и общностью происхождения. Каждый из этих признаков может быть использован для классификации тканей, но, учитывая, что только согласованное функционирование разных тканей может обеспечить осуществление всех присущих любому организму жизненных процессов, наиболее целесообразна их группировка по анатомо-физиологическому принципу.

Ткани и локальные структуры, выполняющие одинаковые функции, Ф. Габерландт объединил в 9 систем:

- 1) покровную (эпидерма, пробка, экзодерма);
- 2) механическую (колленхима, склеренхима, волокна либриформа, лубяные (флоэмные) волокна, склереиды);
- 3) абсорбционную (ризоиды, эпиблема, или ризодерма, гиалиновые клетки, веламен);
- 4) ассимилирующую (хлоренхима);
- 5) проводящую (ксилема, или древесина, флоэма, или луб);
- 6) запасающую (эндосперм, перисперм, запасающая паренхима вегетативных органов, водозапасающие волоски);
- 7) проветривающую (вентиляционную) (аэренхима, межклетники, устьица, чечевички);
- 8) секреторную и выделительную (железистые волоски, внутренние железки, слизевые и смоляные ходы и клетки, масляные клетки, гидатоды,

млечники);

9) образовательную (меристема зародыша, конуса нарастания побега, кончика корня, прокамбий, камбий, феллоген, раневая меристема). Строение тканей и их расположение в теле растения подчинено принципу максимальной физиологической активности. Наряду с главной, ткань может выполнять одну или несколько дополнительных функций. Это определяет морфологическую дифференциацию составляющих ее клеток.

Так, эпидерма или кожица, не только защищает внутренние ткани от неблагоприятных факторов внешней среды, но участвует также в газообмене и транспирации, у многих растений она выполняет секреторную и выделительные функции благодаря железистым волоскам и накоплению в обычных клетках некоторых балластных продуктов метаболизма. Ксилема или древесина, осуществляет восходящий ток воды с растворенными в ней минеральными веществами, обеспечивает механическую прочность растения, у многолетних растений некоторые ее клетки служатместилищами запасных веществ. Этой полифункциональностью объясняется неоднородность ее строения. То же можно сказать о флоэме или лубе. Такие ткани называют *сложными* в отличие от *простых*, состоящих из одинаковых по строению и функциям клеток (колленхима, веламен, эндосперм).

Нередко внутри какой-либо одной специализированной ткани встречаются структуры, принадлежащие другой системе тканей. Так, в листьях некоторых растений между тонкостенными клетками ассимилирующей ткани могут развиваться *склериды* – клетки с очень толстыми одревесневшими оболочками, а такжеместилища эфирных масел, входящие в состав секреторной системы. Такие структуры, которые по строению и функциям отличаются от окружающей их ткани, называют *идиобластами*.

Наряду с анатомо-физиологической существует и онтогенетическая классификация тканей, основанная на их происхождении. По этой классификации ткани делят на первичные и вторичные.

Первичные ткани представляют собой непосредственные производные меристемы, находящиеся на верхушке побега и в кончике корня (эпидерма, колленхима, склеренхима, ассимилирующая ткань, эпиблема), и специализированной меристемы – прокамбия (первичная ксилема, первичная флоэма). Ко *вторичным* относят ткани, возникающие при утолщении стебля и корня. Это производные камбия (вторичная ксилема, вторичная флоэма), феллогена (пробка (феллема), феллодерма, чечевички), разные типы идиобластов. Вторичные ткани свойственны не всем растениям. Их нет у мхов, современных хвощей, плаунов, папоротников (за очень редким исключением), а из покрытосеменных – у большинства однодольных. Мощное развитие вторичных тканей, главным образом, древесины и луба, характерно для древесных растений.

2.4. СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

Систематика как биологическая наука. Считается, что в мире существует 3-3,5 млн. видов живых организмов и не менее 500 млн. видов вымерло в предшествующие геологические эпохи.

Поэтому познание многообразия живого было и остается одной из существеннейших задач биологии. Этим занимается систематика.

Систематика (от лат. *systematica* – упорядоченный) – биологическая наука, изучающая разнообразие всех существующих и вымерших организмов.

В задачи современной систематики входят выявление, описание, идентификация, классификация и группирование организмов в систему. Конечной целью систематических исследований является создание такой системы всех организмов или отдельных их групп, в которой было бы однозначно определено положение каждого таксона.

Кроме того, система должна быть максимально информативной. Чем информативнее система, тем полезнее она в научном и практическом отношении.

Современная систематика – синтетическая наука, опирающаяся на данные всех разделов биологии и особенно на эволюционное учение, которое представляет собой теоретическую основу систематики. Одновременно систематика служит базой многих общетеоретических и прикладных биологических исследований и дает возможность ориентироваться во множестве ныне живущих организмов, что необходимо в хозяйственной деятельности человека.

Разделы систематики. Систематика и описательная морфология в XVIII в. достигли высшего выражения в трудах шведского профессора и натуралиста Карла Линнея (1707-1778), который поставил перед собой грандиозную цель – назвать и описать все известные растения, минералы и всех животных. В 1753 г. он опубликовал двухтомную книгу «Виды растений» («*Species Plantarum*»), в которой заложил основы бинарной (двойной) номенклатуры. В ней каждый вид обозначается двумя словами (первое – название рода, второе – видовой эпитет).

До Линнея названия видов были полиномиальные, т.е. состояли из нескольких слов (греч. *poly* – многий и лат. *nomen* – название), характеризующих наиболее важные видовые признаки. В сущности это были не названия, а краткие описания видов. Громоздкая полиномиальная номенклатура препятствовала построению четких классификационных систем. Линней, используя уточненную терминологию и бинарные видовые названия, разработал простую и удобную классификацию растений, которая очень облегчила работу ботаников.

Современная систематика подразделяется на несколько тесно связанных между собой разделов. Главнейший из них – таксономия. Термин «таксономия» (от греч. *taxis* – строй) предложен в 1813 г. швейцарским ботаником О. Декандром. Под таксономией понимают теорию и практику классификации организмов.

Классификация в биологии, и, следовательно, в ботанике – это распределение всего множества вновь выявленных и уже известных организмов в соответствии с их сходством и различиями или предполагаемым родством по определенной системе соподчиненных категорий. Иногда словом классификация не совсем точно обозначают и результат такого распределения, т.е. систему организмов.

Важнейший момент классификации – установление сходства и различия между таксонами и оценка этих различий. Сходство и различия устанавливаются с помощью самых разнообразных методов и далее оцениваются на основе разработанных систематиками критериев.

Классификация и практическое узнавание живых объектов невозможно без закрепления за ними определенных названий. Установление правильных названий для вновь открытых, а часто и для уже известных организмов довольно сложно, поэтому еще в начале XIX в. оформился второй важный этап систематики – номенклатура. Номенклатура в современной ботанике – это вся совокупность названий таксонов (табл. 2).

Таблица 2

**Таксономические категории (ранги таксонов) и таксоны
(на примере картофеля)**

Таксономические категории	Таксоны
Царство	Растения (<i>Plantae</i>)
Отдел	Покрытосеменные (<i>Madnoliophyta</i> , или <i>Angiospermae</i>)
Класс	Двудольные (<i>Magnoliopsida</i> , или <i>Dicotyledones</i>)
Подкласс	Ламииды (<i>Lamiidae</i>)
Порядок	Пасленовые (<i>Solanales</i>)
Семейство	Пасленовые (<i>Solanaceae</i>)
Род	Паслен (<i>Solanum</i>)
Вид	Картофель, или паслен клубненосный (<i>Solanum tuberosum</i> L.)

На основании целой серии методов систематика объединяет родственные виды в систематические группы более высокого ранга – роды, семейства и т.д. Этот раздел называют флористической систематикой (таксономией). Второй раздел систематики, получивший интенсивное развитие после работ Ч. Дарвина, называют филогенетической систематикой. На основании данных многих биологических наук (морфологии, биохимии, палеонтологии, физиологии,

математики и др.) филогенетики располагают надвидовые группы растений в систему, которая отражает ход их эволюции (филогению). При этом необходимо отметить, что они изучают эволюцию и родственные отношения на всех уровнях – от родового и выше. Отсюда возникло подразделение на мегафилогению (родственные взаимоотношения и преемственность высших систематических групп – отделов, порядков) и мезофилогению (то же у семейств и родов).

После основополагающих работ Н.И. Вавилова, преимущественно с возделываемыми растениями, большое внимание уделяют изучению внутривидовой изменчивости и формированию разновидностей, то есть процессу видообразования – микрофилогении. Этот раздел систематики Н.И. Вавилов называл дифференциальной систематикой, а сейчас за ним укрепилось название биосистематики. Перспективы развития ее связаны с разработкой проблемы формообразования. Экспериментальные методы, используемые биосистематикой (цитогенетический анализ, географические посевы, эколого-физиологический анализ и др.), позволяют получать вполне достоверные, легко воспроизводимые данные о направлении и темпах формообразовательного процесса.

Заслуживает внимания концепция вида К.А. Тимирязева: «Слово «вид» в применении к организмам имеет, очевидно, два значения, и от неясного различия двойственности этой точки зрения проистекают бесконечные недоразумения и разногласия ученых».

По К.А. Тимирязеву, вид всякий раз надо рассматривать в двух аспектах: в аспекте биологического (естественноисторического) понятия – как основную форму проявления хода эволюции и существования самой жизни, и в аспекте логического, чисто формального понятия – как совокупность тождественных особей.

Биологический вид более или менее динамичен во времени и подвижен в пространстве. Его изучение сопряжено с большими трудностями, так как вид чаще всего представлен множеством рас и популяций, как-то обособленных в природе и различающихся между собой.

При естественноисторическом подходе определения вида представляют чрезвычайные трудности. Во всяком случае, из многих десятков определений нет ни одного, исчерпывающего суть вида и общепризнанного.

Одно из наиболее общеизвестных и удовлетворительных определений вида принадлежит В.Л. Комарову: «Вид есть совокупность поколений, происходящих от общего предка и под влиянием среды и борьбы за существование обособленных отбором от остального мира живых существ; вместе с тем вид есть определенный этап в процессе эволюции».

Формально-логическое представление о виде более простое. Бесконечное и сложное разнообразие отдельностей природы организуется в легко обозримую систему на основе законов элементарной логики. Формально-логическое представление о виде абстрактно, как абстрактно, например, наше понятие о лошади, поскольку оно не включает данных о конкретной лошади: экстерьере, масти, возрасте, массе и т.д.

При формально-логическом подходе определение вида не представляет трудностей: вид – совокупность тождественных особей, практически неразличимых. Конечно, тождество в данном случае понимают условно и относительно, как тождество, например, растений, выросших из зерновок одного колоса или одного растения пшеницы. Но для общей ориентации в природе, в созданных человеком культурных ценозах, в практической работе агронома и ботаника по определению растений мы пользуемся именно формально-логическим понятием.

По структуре виды бывают неравноценными. Различают виды молодые (зачинающиеся), угнетающие (вымирающие) и процветающие. Вымирающие виды с течением времени явно уменьшаются по числу индивидуумов, что обычно сопровождается и уменьшением площади их распространения. У них отсутствует внутривидовой полиморфизм, их легко различают, поскольку между смежными родственными видами большой морфолого-физиологический разрыв, нет переходных форм. Это, как правило, древние виды. Молодые виды явно экспандируют (расселяются), их численность резко увеличивается. Это полиморфные виды, в составе которых выделяют множество внутривидовых комплексов (подвидов, разновидностей, форм).

Изобилие внутривидовых единиц свидетельствует о формообразовательном процессе, динамике вида. В настоящее время внутривидовая дифференциация видов достигает 5-7-й степени. Приведем наиболее современные модели: по Н.П. Дубинину – полувид, подвид, раса, микротопографическая раса, линия; по К.М. Завадскому – полувид, подвид, местная популяция, экоэлемент, изореагент (морфобиологическая группа, биотип); по Н.И. Вавилову – для возделываемых растений применяют целую серию других внутривидовых таксонов, например, группа разновидностей (пролес), сорт.

Все еще нет достаточно определенных согласованных данных о численности видов растений на планете. Предположительно общее число ныне живущих видов растений около 500 тыс. Цифра эта весьма приближительна. Даже для одной из наиболее изученных групп растений – покрытосеменных – число видов, приводимых различными учеными, неодинаково: от 175-200 тыс. до 300 тыс. и более.

ГЛАВА 3. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И УЧЕНИЯ О ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ, ФОРМИРОВАНИЕ АГРОХИМИИ КАК НАУКИ

3.1. МЕСТО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ В СИСТЕМЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Физиология растений – наука, которая изучает процессы жизнедеятельности и функции растительного организма на всем протяжении его онтогенеза при любых условиях внешней среды. Это наука об организации, управлении и интеграции функциональных систем в растительном организме. Это наука о функциональной активности растительных организмов.

Объектом изучения физиологии растений служит громадный и разнообразный мир растений.

Предметом физиологии растений являются функции растений, функциональные системы, обеспечивающие реализацию генетической программы роста и развития.

Функции зеленого автотрофного растения:

- питание (воздушное – фотосинтез, почвенное – минеральное и водное);
- дыхание;
- размножение.

Функции зеленого автотрофного растения объединяют в 4 группы жизненных явлений:

- превращение веществ;
- превращение энергии;
- изменение формы;
- управление и информация растительного организма.

Главная задача физиологии растений – раскрытие сущности процессов жизнедеятельности растительного организма в онтогенезе в различных условиях среды с целью управления ходом роста и развития растений, формированием урожая и качества продукции.

По мнению К.А. Тимирязева (1956), «цель стремлений физиологии растений заключается в том, чтобы изучить и объяснить жизненные явления растительного организма и не только изучить и объяснить их, но путем этого изучения и объяснения вполне подчинить их разумной воле человека так, чтобы он мог по произволу видоизменять, прекращать или вызывать эти явления».

Место физиологии растений в системе биологических дисциплин. Физиология растений относится к биологическим, теоретическим наукам, является отраслью экспериментальной ботаники, которая в XIX в.

выделилась в самостоятельную науку. в разное время на базе физиологии растений сформировались вирусология (1902 г.), агрохимия (1919 г.), химия гербицидов и стимуляторов роста (1925 г.). микробиология (1930 г.), биохимия (1930 г.).

Физиология растений тесно связана с биохимией, биофизикой, микробиологией, цитологией, генетикой, молекулярной биологией, химией, физикой и др. особая роль физиологии растений в системе биологических наук – обеспечить интеграцию всех биологических знаний на уровне целого растения и ценоза.

Физиология растений является фундаментальной основой агрономических наук. К.А. Тимирязев (1956) неоднократно указывал, что «физиология растений является теоретической основой рационального земледелия». Она является фундаментальной основой всех агрономических дисциплин: земледелие, растениеводство, овощеводство, плодоводство, лесоводство, селекция и семеноводство и др., создает теоретическую основу для разработки:

- приемов рационального использования ФАР, БКП;
- способов применения удобрений и повышения их эффективности;
- методов обоснования режимов орошения зерновых, кормовых, овощных, плодовых, лесных культур и двустороннего регулирования водного режима болот, торфяников, естественных лугов и пастбищ;
- методов повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям климата и почв. Это морозоустойчивость, зимостойкость, холодостойкость, солеустойчивость и др.;
- приемов снижения потерь урожая при хранении с использованием инертных газов, полупроницаемых мембран, консервантов и др.;
- физиологии иммунитета растений, повышения их устойчивости к болезням и вредителям;
- процессов и механизмов распределения ассимилятов в онтогенезе растений в целях направленного формирования урожая;
- светокультуры в культивационных сооружениях;
- основы биотехнологии и биоинженерии.

Сведения о процессах, происходящих в живом растении, накапливались по мере развития ботаники. Прогресс в этой области биологии определялся использованием новых, все более совершенных методов, заимствованных из химии и физики, а также запросами растениеводства.

Физиология растений зародилась в XVII–XVIII вв. В классических трудах итальянского биолога и врача М. Мальпиги «Анатомия растений» (1675–1679) и английского ботаника и врача С. Гейлса «Статика растений» (1727) наряду с описанием структуры растительных тканей и органов излагаются результаты ряда физиологических опытов, доказывающих существование восходящего и нисходящего токов воды и питательных

веществ у растений, и высказывается идея о воздушной питании растений.

Знаменательным для физиологии растений явился 1800 год, когда швейцарский ботаник Ж. Сенебье издал трактат «*Physiologie vegetale*» в пяти томах. Впервые физиология растений рассматривалась как самостоятельная область знания. Заслуга Сенебье состоит в том, что он не только предложил термин «физиология растений» и собрал, обработал и осмыслил все данные по этой дисциплине, известные к тому времени, но и сформулировал основные задачи физиологии растений, определил ее предмет и используемые методы.

История развития физиологии растений можно разделить на 3 этапа.

Первый этап характерен изучением проблемы почвенного корневого питания растений. Голландец Ван-Гельмонт (1579-1644) выдвинул водную теорию питания растений, А. Теер – гумусовую теорию, Ю. Либих – теорию возврата питательных веществ в почвы, вынесенных урожаем. Ж. Буссенго, Г. Гельригель, М.С. Воронин (1866 г.) показали роль бобовых в фиксации азота.

Второй этап – проблемы превращения энергии. М.В. Ломоносов (1711-1865) впервые высказал мысль, что растение строит свое тело с помощью листьев за счет окружающей атмосферы.

Английский естествоиспытатель Д. Пристли (1733-1804), голландский врач Я. Ингенгауз (1730-1799), швейцарские ботаники Ж. Сенебье (1742-1809) и Н.Т. Соссюр (1767-1887) тщательно продуманными опытами открыли фотосинтез у растений, процесс дыхания, показали зависимость фотосинтеза от света, связь между поглощением углекислоты и выделением кислорода у растений. К.А. Тимирязев (1843-1920 гг.) доказал применимость закона сохранения энергии к процессу фотосинтеза. Он считается основоположником физиологии растений в России.

В середине XIX в. физиология растений стала выделяться в самостоятельные кафедры при университетах, в том числе и в России: в 1863 г. в Москве, в 1867 г. в Петербурге. Профессором первой в России самостоятельной кафедры физиологии растений при Московском университете был С.А. Рачинский (1836-1902). Он осуществил первый перевод на русский язык книги Ч. Дарвина «Происхождение видов», выдержавшей три издания и способствовавшей широкому распространению эволюционного учения среди русских биологов. С.А. Рачинскому принадлежат работы по выяснению механизма ростовых движений у растений, изучению химического состава клеточного сока растений, роли цитоплазмы в жизни растений.

Первым русским ученым, посвятившим себя физиологии растений, создавшим крупную научную школу, первый отечественный учебник (1885) и монографию по физиологии растений, следует по праву считать академика А.С. Фамицына (1835-1918). Ему принадлежат открытие фотосинтеза на искусственном свете, работы по росту и развитию,

превращению веществ, симбиотическим взаимоотношениям между водорослями и грибами, сравнительной и эволюционной физиологии растений.

Монография А.С. Фамицына «Обмен веществ и превращение энергии в растениях» (1883) не только служила многим поколениям физиологов настольной книгой, но и выдвинула ряд проблем, над которыми трудились не один десяток лет русские и иностранные ученые. С именем этого замечательного ученого связана и организация первой в нашей стране лаборатории по физиологии растений при Академии наук, родоначальнице современного Института физиологии растений РАН. Среди представителей его научной школы видим Д.И. Ивановского – основоположника вирусологии, С.Н. Виноградского – первооткрывателя хемосинтеза, М.С. Цвета – автора хроматографического метода, О.В. Баранецкого – крупного специалиста в области водного режима растений, И.П. Бородин – специалиста по экологии дыхания растений, А.А. Рихтера – автора теории хроматической адаптации водорослей и других видных ученых. Они внесли значительный вклад в экспериментальную ботанику и выдвинули отечественную физиологию растений на одно из первых мест в мире.

Благодаря трудам Ч. Дарвина возникла эволюционная физиология растений, главным направлением которой в то время было установление приспособительского характера функциональных особенностей растений и единства органического мира, т.е. общности принципов жизнедеятельности растительных и животных организмов (Ч. Дарвин, К. Бернар, А.С. Фамицин, К.А. Тимирязев).

С 1872 г. в Московском университете стал работать крупный физиолог растений, блестящий экспериментатор, историк науки и ее талантливый популизатор К.А. Тимирязев (1843-1920). Наибольший вклад он внес в изучение энергетики фотосинтеза, доказал применимость закона сохранения энергии к фотосинтезу, создал замечательную сводку «Жизнь растения», имевшую непреходящее значение, существенно развил и пропагандировал исторический подход в биологическом исследовании. Его учениками стали Ф.Н. Крашенинников, занимающийся изучением продуктов фотосинтеза с энергетической точки зрения, В.И. Палладин, один из авторов современного представления о дыхании растений, Е.Ф. Вотчал, много сделавший в изучении механизма движения восходящего водного потока в древесных растениях, основоположник отечественной физиологии древесных растений Л.А. Иванов и выдающийся физиолог-агрохимик Д.Н. Прянишников. Наибольший вклад в земледелие был связан с внедрением в растениеводство приемов внесения минеральных удобрений.

Третий этап начинается в XX в. Огромный вклад в проблему минерального питания внес Д.Н. Прянишников (1865-1948 гг.), а также

Д.А. Сабинин, Я.В. Пейве. Систему регуляции изучали А.К. Курсанов, М.Х. Чайлахян, И.И. Гунар, В.В. Полевой, В.И. Кефели и др.; культуру органов, тканей и клеток разрабатывали Р.Г. Буненко, В.Е. Семененко, В.С. Шевелуха, обосновав новую науку – биотехнологию.

Первая половина XX в. отмечена бурным и многосторонним развитием физиологии. Главным направлением становится изучение биохимических механизмов дыхания (В.И. Палладин, Г. Виланд, С.П. Костычев, О. Варбург, Д. Кейлин, Т. Тунберг, Г. Кребс, А. Корнберг и др.) и фотосинтеза (Р. Вильштетер, К.Б. Ван-Ниль, К. Хилл, М. Кальвин, Д.И. Арнон и др.). Параллельно с этим развивается фитоэнзимология, физиология растительной клетки, экспериментальная морфология и экологическая физиология растений. В качестве самостоятельных дисциплин выделяются микробиология и агрохимия. Большим достижением явилось открытие эндогенных регуляторов роста и развития растений – фитогормонов (Д.Н. Нелюбов, Н.Г. Холодный, Ф. Вент, Ф. Кегль, И.Д. Курсава и Т. Ябута, Ф. Скуг и др.).

Во второй половине XX в. в физиологии растений все явственнее намечается тенденция слияния в единое целое биохимии и молекулярной биологии, биофизики и биологического моделирования, цитологии, анатомии и генетики растений. Становится все очевиднее, что явления в жизни невозможно понять только в рамках одной биохимии или одной биофизики вне конкретных биологических структур. Физиология вступает в период синтеза. В связи с этим наряду с углублением исследований на субклеточном и молекулярном уровнях возрастает интерес к изучению систем регуляции и механизмов, обеспечивающих целостность растительного организма (Л.А. Курсанов, М.Х. Чайлахян). Резко ускоряются исследования механизмов реализации наследственной информации, роли мембран в системах регуляции, механизма действия фитогормонов, развивается электрофизиология растений. Все этому способствует быстрый прогресс в разработке методов культуры органов, тканей и клеток, который имеет большое значение для практики (селекция, клональное микроразмножение, поддержание безвирусных элитных культур растений). Большие перспективы открывает для физиологии и биохимии растений новая, быстро развивающаяся отрасль промышленности – биотехнология. В интенсивном сельском хозяйстве находят широкое применение теория минерального питания и водного обмена, химические регуляторы роста растений, гербициды и фунгициды.

Основные направления современной физиологии растений. Основу отечественной физиологии растений, ее фундамент и мировую славу в прошлом создали работы А.С. Фамицина, К.А. Тимирязева, М.С. Цвета, Н.А. Максимова, Т.Н. Любименко, А.Л. Курсанова. Они заложили основные направления этой науки.

Первое – биохимическое направление – организация, регуляция, интеграция функциональных систем в растительном организме (от молекулярно-биологического до ценотического).

Второе – биофизическое направление – молекулярно-генетические и физиологические основы онтогенеза растений: фотосинтез, дыхание, водообмен, питание.

Третье – онтогенетическое направление – возрастные закономерности развития растения, морфогенез, фотопериодизм, светокультура, закаливание растений.

Четвертое – эволюционное направление – физиологические особенности филогенеза конкретных видов, особей растений.

Пятое – экологическое направление – зависимость физиологических функций растений от экологических факторов среды: оптимизация питания, водопотребления, приемы повышения белковости, сахаристости, устойчивости к неблагоприятным условиям.

Шестое – синтетическое направление – общие закономерности роста растений, энергетики и кинетики, разрабатывает способы регуляции и управления процессами в биологических системах.

Н.В. Вавилов говорил о том, что «генетика и селекция ждут от физиолога разработки частной физиологии отдельных культур, сортовой физиологии, физиологической систематики сортов. Создание такой «физиологической систематики» оплодотворит всю работу селекции и упростит ее».

Только глубокие фундаментальные исследования позволят разработать более совершенные практические рекомендации по повышению количественной и качественной продуктивности наших полей, садов и лесов.

3.2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ О ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИИ АГРОХИМИИ КАК НАУКИ

С первых шагов древнего земледелия стержневой его проблемой был поиск путей поддержания и восстановления плодородия обрабатываемых земель, ведения более разумного земледелия.

По данным археологических исследований, возделывание сельскохозяйственных культур было начато примерно 10-12 тыс. лет назад. С появлением земледелия качественно изменилась история развития человечества. Человек постепенно стал переходить от естественных источников жизнеобеспечения к производству пищи, к искусственному возделыванию сельскохозяйственных растений. Постепенно накапливался опыт ведения хозяйства, который передавался из поколения в поколение, от отца к сыну. В лесных районах люди переходили к подсечно-огневой системе земледелия. А это уже требовало знания целой системы

технологических приемов, таких, как: выбор участка леса, подсека, сжигание, перемешивание золы с почвой, рыхление и обработка почвы соответствующими орудиями. Возрастало значение золы как источника плодородия почвы и питания растений. Земледелие же рассматривалось как единство факторов: почвы, воды, огня, леса, металла.

Что касается орошаемого земледелия, то в гигантских речных долинах Нила, Тигра, Евфрата, Инда за несколько тысячелетий до нас уже существовала контролируемая ирригация земель, которая явилась главной функцией возникших здесь государственных образований.

Египтяне хорошо понимали, что затопление полей при разливах Нила выполняет триединую задачу: увлажняет поля, удобряет их речным илом, о плодородии которого слагались легенды, и уносит соли, накопившиеся на поверхности почвы за сухой период. Во времена первых фараонов Египта появился кадастр земель по их плодородию и доходности.

Исторические истоки древней ирригации в Средней Азии развивались параллельно с Египтом и Двуречьем, т.е. до II тысячелетия до нашей эры. Почвы дельты Амударьи тяжелые и не отличались высоким плодородием, поэтому хорезмские земледельцы рано научились песковать их и удобрять различными отходами.

Археологические памятники на севере Индии свидетельствуют, что колыбель индийского земледелия появилась за III-IV тысячи лет до нашей эры сначала на севере страны, а затем центр его переместился на более плодородные аллювиальные равнины, где рано возникла переложная система земледелия, а позднее и искусственное орошение.

Древнейшим очагом земледелия является также и Восточный Китай. Здесь задолго до нашей эры (4000 лет до н.э.) было накоплено много сведений по земледелию, и правительство, руководствуясь ежегодными наблюдениями за полевыми работами, назначало народу время вспашки, удобрения, способы посева и т.д.

Первые специальные, сохранившиеся до нашего времени агрономические, биологические и географические сочинения, в которых немало говорится о земле-почве, ее свойствах и плодородии, восходят к древним грекам, которым были уже известны различия между почвами, приемы их обработки в рамках сухого земледелия средиземноморского типа.

В литературных произведениях древнегреческого философа и ученого Аристотеля (384-322 гг. до н.э.) изложены наиболее значительные сведения об особенностях агрономии, питании растений. Он отмечал ступени природы: неорганический мир, растение, животное, человек. Аристотель считал, что растениям нужны четыре стихии: воздух, вода, земля и огонь.

Выдающийся исследователь растительного мира в Древней Греции Теофраст (ок. 372-287 гг. до н.э.) в своем сочинении «Исследования о растениях» отмечал, на каких почвах какие культуры лучше высевать, как поддерживать плодородие почвы, о роли навоза и т.д. Для естествознания он наравне со своим учителем Аристотелем сыграл важную роль в развитии учения о растениях и почве. Труд Теофраста «Исследования о растениях» считается главным из самых ранних ботанических и агрономических сочинений.

Греческая агрономия была преемницей древневосточной, а сельскохозяйственные знания римлян развивались под влиянием греческой культуры и науки. До II в. до н.э. у римлян не было литературных сочинений агрономического содержания.

По различным вопросам сельского хозяйства богатое наследие по тому времени оставили древнеримские ученые и писатели: Катон, Варрон, Плиний, Колумелла. Все они занимались земледелием, так как этот род занятий считали самым полезным и достойным свободного гражданина. Они оставили немало трудов по вопросам агрономии.

Марк Порций Катон Старший (234-149 гг. до н.э.) – государственный деятель и писатель. До наших дней дошли книга «О делах деревенских» и трактат «Земледелие», в которых собраны практические советы по разным отраслям хозяйства: по обработке почвы, возделыванию виноградников, оливковых садов, по луговодству и животноводству. Он сделал попытку классифицировать почвы по пригодности их для выращивания различных культурных растений, дал практические советы по правильному хранению и срокам вывоза навоза на поля, рекомендации по возделыванию люпина, вики, бобов на зеленое удобрение, по лучшим срокам скашивания трав на сено, а именно до начала созревания семян.

Катон писал, что хорошо возделывать поле – это значит хорошо пахать и унавоживать. Если в хозяйстве не хватает навоза, он рекомендовал использовать на подстилку овцам стебли, мякину, листья дуба, высокую траву, т.е. увеличивать количество органических удобрений путем компостирования.

Катон считал земледелие основой Римского государства, а труд земледельца – самым чистым, верным и не вызывающим зависти. Он почтительно относился к земледельцам, о которых писал как о самых мужественных людях и дивных воинах.

Марк Теренций Варрон (116-27 гг. до н.э.) – писатель и ученый-энциклопедист. Он успешно обобщил материалы, накопленные в течение столетия после Катона. Его труд «Сельское хозяйство» целиком сохранился до наших дней. Варрон придавал большое значение научному подходу при решении вопросов земледелия. Он предлагал тщательно изучать почвы по отдельным районам, советуя на более жирных почвах сеять пшеницу, а на более тощих – бобы. Варрон также писал о зеленом

удобрении, рекомендуя для этой цели выращивать и запахивать люпин.

Варрон писал свой труд на основе литературных источников и бесед со сведущими лицами, однако он первый утверждал самостоятельность земледелия как науки и отмечал, что земледелие – наука необходимая и великая.

При характеристике почв Варрон широко использовал сочинения Феофраста, дал классификацию почв Италии. Он был активным сторонником внесения в почву навоза и первым выдвинул идею о союзе земледелия и животноводства. Для Варрона забота о плодородии почвы – важнейшая задача земледелия. Этой заботе была подчинена и его идея о необходимости установления севооборотов.

В начале нашей эры римская наука дошла до своих предельных высот. В связи с этим нельзя не отметить труды знаменитого римского ученого и писателя Гая Секунда Плиния Старшего (23-79 гг. н.э.), одного из последних римских авторов, писавших по вопросам земледелия. Его «Естественная история», состоящая из 37 книг, представляла своего рода энциклопедию. В последующий ряд столетий этот огромный труд, потребовавший от автора большой энергии, трудолюбия и исключительной эрудиции, служил справочником по целому ряду отраслей знаний, в том числе и по сельскому хозяйству.

Плиний полагал, что плодородие почв падает, и это нельзя компенсировать никакими самыми дорогими способами ее обработки. По существу, это начальный вариант закона убывающего плодородия почвы, подоплекой которому был рабский труд, производительность которого падала вследствие отсутствия заинтересованности рабов в хорошей обработке и повышении плодородия почв. Философским оправданием взглядов Плиния было учение Сенеки, Марка Аврелия об истощении земли как неумолимом, но естественном процессе. Плиний трагически погиб при извержении Везувия в 79 г., желая ближе наблюдать это природное явление.

Луций Юний Мозерат Колумелла (I в. н. э.) – выдающийся представитель античной агрономии, римский писатель и агроном. Он выступал против взглядов Плиния и других авторов. Его сочинение «О сельском хозяйстве» состоит из 12 книг и является подлинной сельскохозяйственной энциклопедией.

Полемизируя со сторонниками учения об убывающем плодородии почвы, Колумелла утверждал, что разумный человек не позволит довести землю до усталости и истощения такой степени, чтобы она с прежней щедростью не обеспечивала людей пропитанием. Земля не может состариться, если ей помогать навозом как пищей для восстановления ею утраченных сил.

Колумелла призывал вести земледелие на научной основе, ввести экспериментирование в земледелие и широко распространять

сельскохозяйственные знания, вводя публичные курсы по этим отраслям наук.

В своих трудах Колумелла много внимания уделял описанию и использованию различных видов удобрений: навозу, приготовлению различных видов компостов, применению золы, выращиванию на зеленое удобрение люпина.

Колумелла предложил классификацию удобрений: навоз, минеральное удобрение, зеленое удобрение, компост, удобрение «земли земель». Зеленое удобрение, по его мнению, «имеет силу наилучшего навоза». Что касается удобрения земель, то он ссылается на улучшение песчаных почв глиной, а глинистых – песком.

С первого века нашей эры развитие науки было практически остановлено, забыты были и труды древних мыслителей по агрономии и естествознанию, и только через 1000 лет стали возвращаться к авторам Древнего мира, особенно к Аристотелю и Колумелле.

3.3. ЗАРОЖДЕНИЕ УЧЕНИЯ О ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ, ПЛОДОРОДИИ ПОЧВ И УДОБРЕНИИ ЗЕМЕЛЬ

Наиболее правильный взгляд на почву как на источник минеральных веществ, необходимых для растения, высказал французский естествоиспытатель Б. Палисси. Еще в 1563 г. он писал, что «соль есть основа жизни и роста всех посевов». Если засеять поле несколько лет подряд, не унавоживая, то посевы извлекут из земли соль, необходимую для своего роста; земля, таким образом, обедняется солями и перестает давать урожай. Его представления о причинах истощения почвы, о необходимости возврата зольных веществ в виде удобрений лишь 300 лет спустя доказаны точными опытами.

В 1656 г. И.Р. Глаубер выдвинул гипотезу, что главным фактором урожайности является селитра, внесение которой в почву вызывает значительный рост урожая. Удобрительное действие навоза он связывал с образованием селитры. Но взгляды Б. Палисси, И.Р. Глаубера в свое время не были оценены по достоинству и не оказали существенного влияния на земледелие.

В 1789 г. Рюккерт создал теорию истощения почв, довольно близкую к либиховской. Он считал, что каждое растение требует особого состава почвы, наиболее подходящего для его развития. Некоторые же растения при многолетней культуре обедняют почву, урожай падают, а в то же время другие культуры на этой же почве вполне удаются. Истощение почвы можно устранить с помощью удобрения, содержащего недостающее вещество, поэтому разные растения требуют разных удобрений. Однако это верное научное положение не было убедительным для современников

вследствие недостаточного совершенства методики анализа почвы и растений.

Фактически в течение XVIII в. не сформировались определенные знания о роли минеральных солей в питании растений и роли почвы как их источника. И только в рукописи французского ученого Лавуазье, опубликованной после его трагической смерти в 1794 г., имеются замечательные строки, свидетельствующие, что основные положения минеральной теории питания растений были сформированы на 50 лет раньше Либиха. Лавуазье писал, что растения черпают материалы, необходимые для своей организации, в воздухе, который их окружает, в воде, вообще в минеральном царстве.

Однако если теория корневого питания растений в XVIII в. еще не была сформирована, то вполне была доказана роль атмосферы как источника углерода для растений. Гениальные мысли М.В. Ломоносова (1753) о воздушном питании растений (фотосинтезе) вскоре были подтверждены работами Пристли (1775), Ишешуза (1779) и Сенебье (1782). Потребовалось длительное время для раскрытия механизма этого процесса и разработки теории воздушного питания растений. Но более сложным путем развивалась теория корневого питания растений. Несмотря на довольно определенные высказывания и известные работы Палисси, Глаубера и других о роли минеральных солей в питании растений, шведский химик Валериус в 1761 г. предположил, что растения питаются гумусом. Он исходил из практического наблюдения о влиянии на плодородие почвы навоза и всякого перегноя и ошибочно считал, что растения прямым путем усваивают корнями гумус, что только органические вещества почвы являются питательными для растений, а другие составные части являются вспомогательными и, по его мнению, могут способствовать растворению жирных веществ гумуса (например, мел). Наиболее активно и широко эту неверную гумусовую теорию питания растений распространял крупнейший немецкий агроном А. Тэер (1752-1828). Он считал, что плодородие почвы полностью зависит от содержания гумуса в почве и что, кроме воды, гумус представляет единственное вещество почвы, которое может служить пищей растениям. Минеральным веществам по этой теории отводилась второстепенная роль, т.е. как веществам, ускоряющим процесс разложения в почве и переводящим гумус в усвояемую форму. Поскольку Тэер пользовался большой популярностью и авторитетом в то время, его ошибочные взгляды по гумусовой теории питания растений получили широкое распространение.

Заслуживают несомненного внимания воззрения немецкого ученого Шпренгеля, ближайшего предшественника Либиха. Его научные позиции очень близко приближались к теории минерального питания Либиха. В своей книге «Учение об удобрениях» Шпренгель писал, что растения из

неорганических веществ, получаемых ими из почвы и воздуха, образуют органические тела с помощью света, тепла, электричества и воды. Он объяснял причины падения урожаев при непрерывной культуре. Особое внимание Шпренгель обращал на необходимость возмещения утраченных почвой минеральных веществ, так как углерод, водород и кислород растения находят в воздухе, который по сравнению с почвой всегда остается одинаковым по составу. Он считал обязательным внесение в почву связанных форм азота, так как большинство растений не способно усваивать азот атмосферы. Фактически Шпренгель создал учение о значении минеральных веществ для питания растений и необходимости их возврата в почву в целях предотвращения ее истощения.

Лишь в одном Шпренгель расходился с Либихом: он считал главным источником углерода для питания растений углекислоту воздуха, но и не отрицал возможного использования перегноя почвы корнями. В этой части взгляды Шпренгеля совпадали с гумусовой теорией питания растений. Он не располагал ни одним экспериментальным фактом, который бы позволил ему отрицать такую возможность.

Окончательный крах гумусовой теории питания растений произошел после выхода в свет в 1840 г. книги Ю. Либиха (1803-1873) «Химия в приложении к земледелию и физиологии», которая произвела огромное впечатление на ученых и практиков, привлекла всеобщее внимание к вопросу о минеральном питании растений и имела большой успех.

Основным положением учения Либиха о питании растений является то, что только неорганическая природа доставляет растениям их первоначальную пищу. Перегной же, по его мнению, служит источником углекислоты в почве, которая ускоряет процесс выветривания силикатов и подготавливает минеральную пищу растениям.

Логическим продолжением минеральной теории питания растений Либиха является его теория удобрения и истощения почвы, обоснование необходимости севооборота. Либих считал, что все растения только истощают почву, но разные культуры истощают почву в разных направлениях. Поэтому чередование растений в севообороте лишь замедляет процесс истощения, но оно рано или поздно наступит, если не возмещать почве все то, что было отчуждено растущими культурами. Так как большая часть хозяйств продает и вывозит чаще всего зерно, то в первую очередь наступит дефицит фосфорной кислоты, которой больше в зерне, чем в соломе. Солома и сено идут на корм скоту и подстилку. Поэтому при удобрении только навозом почва недополучает тех элементов, которые с продукцией вывезены за пределы хозяйства.

Указание Либиха на необходимость внесения, прежде всего фосфатов как фактора, лимитирующего урожай, нашли впоследствии подтверждение в опережающем применении фосфатов по сравнению с другими видами минеральных удобрений. Для получения растворимых

однокальциевых фосфатов он рекомендовал обрабатывать серной кислотой кости. Более же интенсивное развитие суперфосфатная промышленность получила, когда по такому же типу серной кислотой стали обрабатывать фосфориты. Начало такой технологии положено в Англии Лоозом в 1843 г.

Либих настойчиво рекомендовал возвращать в почву те минеральные вещества, которыми почва особенно истощена. Если же эти минимумы не устранить, то другие вещества окажутся бесполезными. Впоследствии это положение назвали «либиховский закон минимума», хотя сам Либих этот термин не употреблял и считал это научное положение относительным. В книге «55 тезисов» (1855) он отмечал: «Элемент, полностью отсутствующий или не находящийся в нужном количестве, препятствует прочим питательным соединениям произвести их эффект или, по крайней мере, уменьшает их питательное действие». Этим он подчеркивал незаменимость элементов питания растений.

Ю. Либих впервые четко высказал идею о сознательном регулировании обмена веществ между человеком и природой. «Учение о необходимости возврата, – писал К.А. Тимирязев, – представляет, как бы ни пытались ограничить его значение, одно из важнейших приобретений науки».

Широта и глубина взглядов Либиха на питание растений и сейчас заставляют удивляться. Он писал: «...всякая почва лишь в том случае может считаться вполне плодородной для того или иного вида растений, скажем для пшеницы, если каждая из частиц ее, соприкасающихся с корнями, содержит все необходимые питательные вещества и при том в такой форме, которая позволяет корням усваивать эти вещества на любом этапе развития растения, в должное время и в надлежащем их взаимном соотношении».

Либих придавал большое значение и многообразию совокупности факторов, влияющих на урожай, например географической широте расположения данной местности, ее положению над уровнем моря, годовому количеству осадков, распределению их по отдельным временам года, средней температуре весны, лета и осени, высшим и низшим температурам за каждое время года и, наконец, физическим, химическим и геологическим свойствам почв, т.е. к оценке плодородия он подходил с учетом комплекса факторов. Ему не известна была роль биологических свойств почвы, так как только через 35-40 лет после смерти Либиха было установлено значение почвенных бактерий в образовании нитратов, а еще позже вскрыта биологическая природа и других процессов в почве.

Либих не проводил экспериментов с растениями, при обосновании своих научных положений исходил из общих соображений о круговороте вещества в земледелии и химического анализа растений. Увлечение полемикой и поспешность перехода от общих положений к практическим

рекомендациям привели его к ряду неверных формулировок и ошибочных положений. Так, Ю. Либих считал, что содержание в воздухе аммиака и окисленной формы азота достаточно, чтобы обеспечить почву азотом, а следовательно, и удовлетворить потребность в нем растения. Поэтому и ценность навоза он определял по содержанию в нем зольных веществ – калия, фосфора и др.

Большую роль в изучении вопроса об источниках азота для питания растений сыграл Ж.Б. Буссенго (1802-1887). С 1836 г., будучи профессором Лионского университета, он изучал баланс прихода и расхода питательных веществ за севооборот и установил важную роль бобовых в обогащении почвы азотом. Ряд основных работ Буссенго по изучению круговорота веществ в земледелии явились фундаментом для создания новой отрасли знания – агрохимии. Синтез либиховского положения о роли зольных элементов и тезис Буссенго о значении азота в удобрениях сыграли большую роль в дальнейшем развитии теории корневого питания растений.

Буссенго развивал азотную теорию удобрения, противопоставив ее гумусовой теории Тэера. Истощение плодородия почв он связывал с выносом азота с урожаем. В то же время он установил, что некоторые культуры, например клевер и люцерна, не истощают, а обогащают почву азотом. Причем Буссенго это доказал точными агрохимическими исследованиями в полевых экспериментах в севооборотах. Тот факт, что азотный дефицит в севообороте покрывается за счет клевера и люцерны, был установлен им в течение 1836-1838 гг.

Буссенго был не только мыслителем. Он проводил точные агрохимические и физиологические эксперименты, подчеркивая, что для проверки мнения ученых «нужно спрашивать мнение самого растения». Буссенго по праву считается основателем агрохимии. Кроме полевых опытов он проводил многочисленные исследования по азотному питанию растений в специальных сосудах, тем самым, положив начало вегетационному методу. Им проведен ряд работ по ассимиляции углерода растениями, установлено, что углекислота атмосферы является источником углеродного питания растений, изучено влияние внешних условий на ассимиляцию углерода листьями. Его работы по азотному обмену положили начало биохимическому направлению в агрохимических исследованиях.

В 1886 г. была опубликована работа Гельригеля об усвоении азота бобовыми. Клубеньки на корнях бобовых обнаружил М.С. Воронин еще в 1865 г., но связь между ними и усвоением азота этими культурами не была установлена. Гельригель после серии опытов пришел к выводу, что бобовые, развиваясь на почве, содержащей соответствующие бактерии, заражаются ими и образуют на корнях клубеньки, после этого приобретают азотфиксирующую способность. При этом бобовые культуры

увеличивают в почве количество органического вещества, но одновременно являются азотособираателями. После хорошего травостоя клевера почва получает азота и органического вещества не меньше, чем его поступает с дозой навоза 30-35 т/га. Таким образом, открытие Гельригелем особенностей питания бобовых растений азотом завершает важный этап развития знаний по теории агрохимии, составляющий основу современного учения о питании растений.

3.4. РОЛЬ РУССКИХ УЧЕНЫХ В РАЗВИТИИ УЧЕНИЯ О ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

Развитие агрохимии в России неразрывно связано с историей и совершенствованием земледелия, формированием взглядов на питание растений, созданием научной методики химических и биологических исследований, введением количественных методов изучения превращения веществ. В XIV-XVI вв. в земледельческих хозяйствах получает все большее применение парово-зерновая система с трехпольным севооборотом, распространяется практика удобрения навозом и т.п. Все это ведет к совершенствованию сельского хозяйства, а, следовательно, и к обогащению знаний о природных явлениях.

Попытки «рационального» сельского хозяйства вызывали интерес к некоторым агробиологическим и агрохимическим мерам и методам. Огородная и садовая культура в дворянских поместьях и в городских купеческих владениях, которая с XV-XVI вв. становилась заметной, фиксировала совершенствование представлений о природе в области ботаники и химии. В наставлениях «Домостроя» во второй половине XVI в. указывалось на необходимость соблюдения определенной методики в огородничестве: как копать гряды, удобрять навозом, разводить семена, бороться с вредителями растений и т.д.

Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765) был родоначальником естествознания в России. В 1753 г. в работе «Слово о явлениях воздушных» он писал: «Преизобильное рращение тучных дерев, которые на бесплодном песку корень свой утвердили, ясно изъявляет, что жирными листьями жирный тук из воздуха впитывают». Ломоносов первым высказал научные предположения о происхождении гумуса, чернозема. В книге «О слоях земных» он дал правильное объяснение происхождению гумуса почвы: «Нет сомнения, что чернозем не первообразная и не первозданная материя, но произошел от согнития животных и растущих тел со временем». Он считал, что в естественных условиях при образовании гумуса происходят те же процессы, что и в культурных почвах при разложении в них навоза и образовании пахотных земель.



Михаил Васильевич Ломоносов

В 1765 г. было учреждено Вольное экономическое общество (ВЭО), которое в течение более 100 лет играло большую роль в развитии в России агрономической науки. В трудах этого общества регулярно печатались работы по вопросам применения удобрений. Научная мысль по вопросам агрономии в России в XVIII и в первой половине XIX в. концентрировалась вокруг ВЭО, в котором принимали активное участие и обогатили агрономическую науку многие русские ученые.

Андрей Тимофеевич Болотов (1738-1833) – выдающийся ученый-агроном, активный пропагандист сельскохозяйственных знаний, автор серии важных статей по удобрению полей, плодородию почв. Много внимания уделял местным удобрениям – навозу, навозной жиже, золе и извести. Он писал, что земли во многих местах без навоза не могут дать хороших урожаев, а навоза в хозяйстве мало, так как мало скота из-за недостатка кормов, а чтобы иметь их больше, надо иметь удобрения. Из этого замкнутого круга выход был найден позднее, после организации производства минеральных удобрений.



Андрей Тимофеевич Болотов

А.Т. Болотов ставил в печати вопрос «...об употреблении в пользу скотского навоза в степных и таких местах, где земли оным уваживать обыкновения нет». Уже в то время он видел, что черноземы выпаживаются и нуждаются в удобрениях. В статье «О навозных солях» он писал об образовании из органических удобрений доступных растениям питательных веществ. А.Т. Болотов уделял большое внимание плодородию почв и считал, что первым предметом хлебопашества является качество земли, нужно знать, «к чему земля наиспособна». При этом плодородие почвы он связывал с биологическими особенностями растений. Качество (плодородие) почвы он рекомендовал определять путем проведения опытов с удобрениями.

Иван Михайлович Комов (1750-1792) в 1789 г. опубликовал книгу «О земледелии», которая в тот период имела исключительное значение. В ней он изложил научные основы земледелия. По его мнению, прежде чем «давать правила, как каждую землю удобрять и как какое растение сеять, надобно показать начала и источники, откуда оные правила истекают». И.М. Комов подробно описал свойства различных почв и дал указания, как по морфологическим и геоботаническим признакам определить плодородие почвы. Он давал указания о химическом и механическом анализе почв, об определении в почве содержания глины, песка, извести и гумуса. «Узнавши, таким образом, свойства земли, главное земледельца дело состоит в том, чтобы худую землю удобрить и, удобрив, стараться, чтобы доброты не теряла». Много внимания уделил известкованию почвы, применению золы, торфа, навоза и других местных удобрений: «Известь глинистую почву делает не только рыхлой, но и всякую кислоту, в глинистой по большей части в земле находящуюся, истребляет». Комов считал полезным использовать опыт сельского хозяйства Англии и других европейских стран.

Антон Пошман в 1809 г. опубликовал книгу «Наставление о приготовлении сухих и влажных туков», в которой предлагал применять «сухие туки», конечно же, не современные минеральные удобрения, а главным образом золу от сжигания растений и других органических отходов. Тогда уже, отмечая важность сочетания навоза и «сухих туков», А. Пошман рекомендовал смешивать навоз с известью, мусором, золой, сухими туками, т.е. готовить различные компосты. Он высоко ценил известь: «Свойство извести можно почитать за побудительную силу произрастания».

А. Пошману принадлежит идея специального приготовления искусственных минеральных удобрений (приготовление сухих туков из различных органических веществ). Ему было известно значение азота для питания растений, но он ошибочно полагал, что зола может притягивать из воздуха азот и кислород и синтезировать селитру. А. Пошман не был сторонником составления агрономических рецептов, которые могут быть

непосредственно, без всякого приспособления к местным условиям, использованы в хозяйстве.

Матвей Иванович Афонин (1739-1810) был первым русским профессором, читавшим курс агрономии, когда еще в 1770 г. в Московском университете началось ее преподавание. В 1771 г. на торжественном собрании Московского университета он произнес речь, посвященную органическому веществу почвы и его значению в земледелии. Таким образом, вторую половину XVIII в. можно считать периодом возникновения русской агрономической науки.

Михаил Григорьевич Павлов (1793-1840), профессор Московского университета, был выдающимся деятелем русской агрономической школы. В 1818 г. он был командирован за границу, где изучал агрономию и работал у А. Тэера, автора гумусовой теории питания растений.

М.Г. Павлов издавал журнал «Русский земледелец», в котором немало внимания уделялось вопросам агрономической химии. В 1825 г. он опубликовал книгу по агрохимии «Земледельческая химия», а затем «Курс сельского хозяйства», где изложил свои взгляды на питание растений и на применение удобрений. М.Г. Павлов придерживался гумусовой теории питания Тэера, поэтому современники называли его «русским Тэером».



Михаил Григорьевич Павлов

Об удобрении почв он пишет: «Удобрить землю – значит сделать ее более плодородною, нежели каковою она находится». «Землеудобрение» может быть осуществлено с целью улучшения физических свойств, устранения кислот, ускорения разрушения органических веществ почвы или повышения плодородия. Целью последнего, по Павлову, является умножение в почве питательных веществ или, по крайней мере, вознаграждения того, что похищается из земли возрастающими на ней растениями, с помощью органических удобрений. Свои взгляды на

сельское хозяйство он реализовал на опытном поле земледельческой школы. М.Г. Павлов был организатором и заведующим этого опытного поля и школы, поэтому его можно назвать первым организатором опытного дела в нашей стране.

М.Г. Павлов ничего не писал о роли азота, фосфора и калия и вообще о минеральном питании растений. Он считал, что материалом для питания растений являются «чернозем» (гумус), вода и углекислота. Такие взгляды М.Г. Павлова на питание растений, конечно, не могли дать научного объяснения действия удобрений. Более успешной была его общественная, опытная и педагогическая деятельность.

С выходом в свет книги Ю. Либиха «Химия в приложении к земледелию и физиологии растений» (1840) гумусовая теория питания растений прекратила свое существование. На русском языке эта книга впервые была опубликована в 1864 г. Только после создания учения о химических элементах, химическом составе растений стало возможным создание теории минерального питания растений в ее современном понимании.

В 40-х годах XIX столетия началось экспериментальное агрохимическое изучение отдельных видов минеральных удобрений. Среди выдающихся деятелей агрохимической науки второй половины XIX в. следует назвать Д.И. Менделеева, А.Н. Энгельгардта, А.Е. Зайкевича, П.А. Костычева.

Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907) известен как великий ученый-химик, но он интересовался и сельским хозяйством, проводил исследования по агрохимии. В 1869 г. на съезде русских естествоиспытателей в Москве он выступил с докладом об агрохимических опытах. Его многие мысли о производстве и применении удобрений, обработке почвы не потеряли актуальности и до настоящего времени. Наиболее важные из них следующие.

1. О постановке опытов по изучению эффективности удобрений в различных зонах России. В своем докладе «Об организации сельскохозяйственных опытов» на заседании 1-го отделения Вольного экономического общества он ясно изложил свои мысли: «Опыты... необходимы для нас как для того, чтобы ближе узнать условия русского земледелия, так и для того, чтобы избрать из научных выводов некоторые выгодные для сельского хозяйства. Такие опыты могут послужить немало и в самой науке, если будут ведены по строгим способам».

Д.И. Менделееву удалось поставить опыты только в четырех пунктах (в Московской, Петербургской, Симбирской и Смоленской губерниях), но это были настоящие агрохимические опыты с подробным изучением почвы в отношении ее состава и влияния на нее удобрения и климата. Положительное значение опыты имели в методическом отношении. Д.И. Менделеев говорил, что опыты должны быть научными, с широкой

программой и большой повторностью и что кое-как сделанные опыты только вредны. Будучи представителем точной экспериментальной науки, он считал, что к земледелию должны быть приложены точные науки, указывал на необходимость повторностей в полевом опыте и значение математической обработки результатов опыта.

2. О необходимости широкого использования в земледелии минеральных удобрений. Д.И. Менделеев говорил: «Употребление искусственных удобрений дает возможность быстро исправлять недостатки почвы, заменить навоз разными отбросами, позволяет доводить культуру до высшего совершенства при всех недостатках почвы». Он указывал, что почвы истощаются, в них требуется вносить питательные вещества, но навоза мало, следовательно, надо найти другие источники питательных веществ для растений. С этой целью и ставились опыты Вольного экономического общества с минеральными удобрениями.

Наибольшее внимание Д.И. Менделеев предлагал обратить на фосфорные удобрения и на «щелочно-поташные» (калийные). Особое значение он придавал изучению форм удобрений. Он писал, что химической форме питательных начал следует уделить главное внимание в вопросах об удобрениях.

3. О комплексном использовании разных приемов создания урожая. В агрономической науке Д.И. Менделеев отводил центральное место агрохимии и считал, что научные начала в сельском хозяйстве стали распространяться благодаря интересу химиков и что основные положения агрохимической науки – возврат питательных веществ, теория удобрения, теория питания – извлечены из исследований химических.



Дмитрий Иванович Менделеев

Д.И. Менделеев считал, что не стоит бояться истощения почв, так как потомки сумеют найти необходимые для питания растений

вещества для внесения в почву. Он ратовал за широкое использование в земледелии навоза, азотных удобрений и извести, которые в Нечерноземной зоне давали высокий эффект, и несколько недооценивал фосфорные удобрения, которые в его опытах действовали слабо.

Александр Николаевич Энгельгардт (1832-1893), профессор химии Петербургского земледельческого института, современник Д.И. Менделеева, крупнейший общественный деятель того времени. Он оставил глубокий след в истории отечественной агрохимии, доказал эффективность фосфорных удобрений в земледелии России. А.Н. Энгельгардт провел широкие исследования по использованию фосфоритов на удобрение, обследовал залежи фосфоритов в Курской, Смоленской, Орловской и Воронежской губерниях. В результате его деятельности и общего увлечения применением минеральных удобрений в России началась разработка залежей фосфоритов, а в 1868-1869 гг. начали работать первые туковые заводы по размолу фосфоритной муки. На основании исследований фосфоритов А.Н. Энгельгардт делает выводы: «В фосфоритной муке мы имеем могущественное средство для разработки наших пустошей, составляющих в северной России главную массу угодий». Зону эффективного применения фосфоритной муки (дерново-подзолистые почвы) Д.Н. Прянишников назвал «энгельгардтовской зоной применения фосфоритной муки».



Александр Николаевич Энгельгардт

А.Н. Энгельгардт первый правильно подошел к применению минеральных удобрений и травосеяния, сочетанию фосфоритования почвы с применением сидерации для обогащения почвы азотом.

В книге «Химические основы земледелия» он указывал на необходимость возвращения в почву питательных веществ, вынесенных растениями с урожаем, так как при удобрении поля навозом в почву возвращается только часть питательных веществ, содержащихся в сене и

соломе, остальные питательные вещества, которые находятся в зерне, скоте, молочных продуктах, не возвращаются в почву. Он видел зависимость эффективности удобрений прежде всего от наличия усвояемых питательных веществ в почве: чтобы растения могли вырасти и дать урожай, мало, чтобы в среде, где живут растения, находились питательные элементы, но «эти элементы должны находиться в виде тех соединений, которые годны для питания растений».

А.Н. Энгельгардт стремился создать кадры интеллигентных земледельцев. С его именем связана организация сельскохозяйственного опытного дела в северной Нечерноземной полосе России.

Анастасий Егорович Зайкевич (1842-1931), профессор Харьковского университета, первый установил, что черноземы, несмотря на высокое содержание в них гумуса, прекрасно отзываются на минеральные удобрения.

А.Е. Зайкевич создал научные основы техники внесения удобрений (механизированное местное, рядковое внесение удобрений). Велика его роль в организации опытного дела в России. Он поставил удачные опыты не только с удобрениями, но и по агротехнике, изучая зависимость урожайности разных сортов растений от удобрений, обработки парового поля, глубины вспашки и т.д.

Павел Андреевич Костычев (1845-1895) – блестящий педагог, популяризатор и организатор, выдающийся исследователь и знаток черноземных почв России. В классическом труде «Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства» он развил учение о факторах образования чернозема. Большое значение имели работы П.А. Костычева по изучению фосфатного режима почв и применения фосфорных удобрений. В работе «На каких почвах фосфоритная мука увеличивает урожай. Исследование подзола и причины улучшения его фосфоритной мукой» он отмечал, что в подзолистых почвах содержится большое количество органических фосфатов.



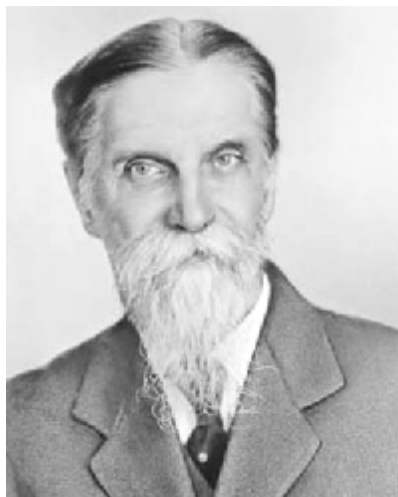
Павел Андреевич Костычев

Взгляды П.А. Костычева на минерализацию органического вещества почвы, роль поглощающего комплекса почвы, поглощенных оснований и почвенного раствора, на создание структуры почвы, мобилизацию естественных запасов почв в основном совпадают с современными представлениями. Он отмечал, что мобилизация питательных веществ почвы не позволяет обойтись без удобрений. «При возделывании сельскохозяйственных растений уже давно заметно было, что всякие почвы, с которых получают урожаи в течение более или менее долгого ряда лет, истощаются, т.е. начинают приносить все меньшие и меньшие урожаи» (Костычев, 1908, с. 193).

П.А. Костычев был первым русским агромикробиологом, положившим начало биологическому направлению в агрономической химии, получившему развитие в работах П.С. Коссовича и Д.Н. Прянишникова и его школы.

В конце XIX и начале XX в. в России развернулись самостоятельные исследования по агрохимии.

Климент Аркадьевич Тимирязев (1843-1920) своими трудами оказал влияние на развитие не только физиологии растений, но и всей нашей агрономической науки. Он высоко ценил вклад Либиха в развитие идей рационального земледелия. Его положения о возврате в почву уносимых с урожаем недостающих в ней питательных веществ им были проведены в 1872 г. в Петровской земледельческой академии. Впоследствии были разработаны методы изолированного питания растений (И.С. Шулов), метод текучих растворов (впервые применил П.С. Коссович), метод стерильных культур в лаборатории Д.Н. Прянишникова (И.С. Шулов и Г.Г. Петров).



Климент Аркадьевич Тимирязев

Яркие страницы в истории развития фундаментальных положений агрохимии, в частности в вопросах минерального питания растений, оставил *Дмитрий Анатольевич Сабинин* (1889-1951). Основным

направлением научных работ Д.А. Сабинина явилось глубокое изучение физиологии корневой системы, ее проницаемости и способности поглощать, выделять и перерабатывать минеральные вещества и некоторые органические соединения. По существу, эти работы стали началом нового направления в изучении минерального питания растений, утвердившего представление о синтетической способности корневой системы.

Результаты многогранной научной деятельности Д.А. Сабинина опубликованы в его многочисленных научных трудах. Особенно высокую оценку получила его монография «Физиологические основы питания растений», изданная после смерти ученого в 1955 г.

Д.А. Сабинин весьма продуктивно осуществлял и научно-педагогическую деятельность, особенно в период заведования лабораторией физиологии растений в ВИУА (1932-1941) и кафедрой физиологии растений в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова.



Дмитрий Анатольевич Сабинин

Идеи Д.А. Сабинина получили развитие в исследованиях И.И. Колосова, Н.З. Станкова, И.В. Мосолова и др. Ученики и последователи Дмитрия Анатольевича с большой теплотой и любовью отзывались о своем учителе, характеризовали его как обаятельного душевного человека, как смелого ученого-новатора, оригинального мыслителя и исследователя, талантливого педагога, которым по праву гордится отечественная наука.

Петр Симеонович Коссович (1862-1915) – выдающийся исследователь и общественный деятель – отличался широтой и разнообразием изучавшихся им вопросов, их практической направленностью. Он подтвердил вывод Д.Н. Прянишникова о возможности питания растений аммиачным азотом путем проведения прямых опытов в стерильных условиях, исключающих процесс нитрификации аммонийного азота. Это имело большое практическое значение, так как открывало перспективы развития производства и широкого использования

аммиачных удобрений.

П.С. Коссович установил, что бобовые усваивают свободный азот корнями. Следовательно, наиболее вероятный пункт синтеза азота в растениях – корни, на которых находятся клубеньки. Изучая усвоение свободного азота, он показал, что биологический синтез азота могут осуществлять и свободно живущие бактерии – азотобактер и клостридиум.

П.С. Коссович обнаружил, что способность растений усваивать фосфор из труднорастворимых фосфатов зависит от биологических особенностей растений, типа почвы и сопутствующих удобрений. Изучая клевероутомление почвы, он вегетационными опытами доказал, что основная причина этого – недостаток питательных веществ в почве, прежде всего фосфора и калия. Внесение минеральных удобрений, особенно фосфорных, под клевер является эффективной мерой борьбы с клевероутомлением, так как повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям роста.

П.С. Коссовичу удалось экспериментально разрешить такой критически важный вопрос для сельского хозяйства, как биологическая иммобилизация азота почвы при внесении соломы или свежего неперепревшего навоза, интересным опытом с двумя растениями – овсом и викией. Внесение в почву соломы уменьшило урожай овса, но не уменьшило урожай викии, которая обеспечивала свой урожай за счет азота воздуха. Это позволило научно обосновать приемы правильного хранения навоза и использование его на удобрение.

Большой заслугой П.С. Коссовича была организация издания «Журнала опытной агрономии», который в течение многих лет был единственным периодическим научно-агрономическим журналом в России. Круг интересов П.С. Коссовича был очень широк. Он был не только агрохимиком, почвоведом, физиологом, но и одним из первых русских геохимиков. Ему принадлежит работа о круговороте серы и хлора в природе. Он показал, что с увеличением количества заводов и фабрик возрастает попадание серы в почву из атмосферы.

Константин Каэтанович Гедройц (1872-1932) – ученик П.С. Коссовича, оригинальный исследователь и глубокий мыслитель. Исследовательская работа К.К. Гедройца включала разработку методики вегетационного опыта, фосфоритование и известкование почвы, установление потребности клевера в фосфатах, учение о солонцеватости почв и др.

Мировую известность К.К. Гедройцу принесли работы по почвенно-поглощающему комплексу и поглотительной способности почв, которые он начал в 1910 г. Наиболее полно учение К.К. Гедройца изложено в трудах «Учение о почвенной поглотительной способности» и «Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы как основа генетической почвенной классификации».



Константин Казданович Гедройц

Им написан также «Химический анализ почв». Эти работы сыграли видную роль в развитии почвоведения и агрохимии, в теоретическом обосновании известкования почв и химической мелиорации солонцов.

Дмитрий Николаевич Прянишников (1865-1948) – основоположник советской агрохимии – обосновал теорию аммиачного и нитратного питания растений и дал исчерпывающие рекомендации по производству и применению аммиачных удобрений. Им выполнены классические работы по теории азотного обмена. Д.Н. Прянишникову принадлежит заслуга глубокого обоснования условий эффективного применения фосфоритов на кислых почвах, положения о возрастающем плодородии почв, об использовании азота атмосферы биологическим путем в сочетании с азотом минеральных удобрений.



Дмитрий Николаевич Прянишников

Практически нет ни одного теоретического направления развития агрохимии как науки или практики химизации земледелия без активного

влияния на них работ Д.Н. Прянишникова и его учеников. Он был активным пропагандистом всего нового, передового, смело выступал против ошибочных положений в науке, всего того, что мешало научно-техническому прогрессу сельского хозяйства и тормозило развитие химической промышленности по производству минеральных удобрений.

Д.Н. Прянишников призывал не ждать и бездействовать, когда у нас будут построены заводы для связывания азота воздуха, когда суперфосфат станет общедоступным, а немедленно действовать и знать, что каждый куст люпина есть, в сущности, миниатюрный завод по утилизации атмосферного азота, работающий даром за счет солнечной энергии. Пожалуй, не было проблемы в агрохимии, которая не изучалась бы в лаборатории Д.Н. Прянишникова. В первые годы советской власти он призывал к максимальному использованию местных удобрений – золы как источника калия, кальция и других зольных элементов; проявлял заботу о правильном хранении навоза, о компостировании его с торфом, об использовании извести на кислых почвах и т.д.

Он принимал активное участие в организации в нашей стране Географической сети опытов с удобрениями и активно отстаивал необходимость расширения посевов бобовых культур (характерных для плодосменных севооборотов, в особенности клевера и люцерны), существенно улучшающих баланс азота и гумуса в почве. Он выступал против скептиков, недооценивавших эффективность минеральных удобрений на наших малоплодородных землях, а также крайних сторонников травополья – противников ускоренного развития химизации земледелия в нашей стране. Еще в 1937 г. Д.Н. Прянишников писал: «Что касается авторов, которые считают, что знают какой-то секрет получения высоких урожаев без внесения соответствующих количеств удобрений (и без знания агрохимии), то об этих авторах можно только сказать, что они напрасно считают себя материалистами» (Д.Н. Прянишников. Травополье и земледелие). Он призывал не смешивать понятия «травополье» и «культура бобовых трав на полях», отстаивал расширение посевов последних, особенно в увлажненных районах, а зернобобовых – во всех земледельческих районах страны.

Д.Н. Прянишников первым в нашей стране начал готовить кадры агрономов-агрохимиков. Он – автор фундаментального руководства «Агрохимия», в котором представлен многолетний мировой опыт применения удобрений, сформулированы теоретические основы агрохимии в тесной связи с биохимией и физиологией растений.

XX в. ознаменовался крупными достижениями в развитии фундаментальных положений агрохимии, практики химизации земледелия и совершенствования методологии агрохимических исследований.

Так, развивая теорию азотного питания растений, *Г.Г. Петров* в 1917 г. опубликовал результаты экспериментально-критического исследования

в книге «Усвоение азота высшими растениями на свету и в темноте», где подробно показал весь путь превращения азота в растении с момента его поглощения до превращения в белковое вещество.

Исследования Г.Г. Петрова являются большим вкладом в развитие фундаментальной агрохимии.

В 1913 г. *Иваном Семеновичем Шуловым* (1874-1940) были опубликованы итоги его экспериментальных работ в книге «Исследования в области физиологии питания высших растений при помощи методов изолированного питания и стерильных культур». Используя стерильные культуры, И.С. Шулов подробно исследовал вопросы благоприятного влияния азотнокислого аммония на использование высшими растениями труднорастворимых фосфатов; развития и морфологических признаков корневой системы и надземных органов при разном азотистом питании; усвоение высшими растениями азота аспарагина, поглощение растениями фосфорной кислоты органических соединений, а также вопросы об органических корневых выделениях, об использовании растениями $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В своих исследованиях растворяющее действие NH_4NO_3 на труднорастворимые фосфаты он объяснял тем, что при его применении корнями растений выделяется больше органических кислот.

Существенный вклад в решение проблемы азотного питания растений внес *Иван Георгиевич Дикусар* (1897-1973) – выдающийся ученый-агрохимик и физиолог растений, ученик и последователь Д.Н. Прянишникова.

Исследования он проводил и в ВИУА, и на станции питания растений Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. Результаты он представил в докторской диссертации «Азотное питание растений и урожай», которую защитил в 1945 г. Эта работа была высоко оценена Д.Н. Прянишниковым, Д.А. Сабининым, А.И. Опариным и др., отмечавшими, что труд И.Г. Дикусара представляет собой «незаурядное явление в нашей научной литературе».

Научные положения, изложенные И.Г. Дикусаром в работе, были всесторонне проверены и подтверждены точным экспериментом, последовательно и целеустремленно направлены как на развитие вопросов теории питания растений, так и на требования практики более рационального использования удобрений.

Напутствуя студентов после окончания Московского университета, он говорил: «Агрохимик должен заниматься не только научными проблемами, но и воспитанием других агрохимиков, которые продолжают дело своих учителей. Нужно, чтобы наши дети и внуки полюбили агрохимию, за агрохимией будущее». Этими словами он, по существу, выражал содержание всей своей жизни и плодотворной научной деятельности.

Исследования *А.В. Владимирова* (1904-1952) оказали также большое влияние на развитие теории питания растений. Итоги научно-исследовательских работ, выполненных *А.В. Владимиром* с сотрудниками (1926-1946 гг.), он опубликовал в монографии «Физиологические основы применения азотистых и калийных удобрений» (1948).

В книге *А.В. Владимирова* показал:

1. Условия, влияющие на поступление в растения аммиачного и нитратного азота: действие сопутствующих катионов и анионов; особенности биохимических процессов у отдельных растений, аэрации питательного раствора, реакции среды и др.;

2. Влияние форм калийных солей на обмен веществ в растениях, на трансформацию углеводов и накопление сахаров в корнеплодах сахарной свеклы, влияния анионов солей на процесс сахаронакопления в растениях;

3. Роль аммиачного и нитратного азота, калия и других элементов в обмене веществ, в образовании и накоплении в растениях окисленных и восстановленных органических соединений.

Разработанные *А.В. Владимиром* теоретические положения в отношении правильного сочетания аммиачного и нитратного азота с элементами зольного питания позволяют в значительной мере повысить урожай растений и улучшить их качество.

Крупным вкладом в развитие агрономической науки и, в частности, в разработку теории азотного питания растений и практику применения удобрений стали работы выдающегося ученого-агрохимика *Федора Васильевича Турчина* (1902-1965).



Федор Васильевич Турчин

Приведем наиболее важные результаты его исследований:

1. Жидкие азотные удобрения (аммиак и аммиакаты) дают такой же эффект, как и обычные «твердые» азотные удобрения, так как при заделке

на глубину 10-12 см адсорбируются почвенными коллоидами и потерь азота практически не происходит.

2. Аммонизация суперфосфата жидкими азотными удобрениями позволяет получить продукт, обладающий высокой удобрительной ценностью и превосходными физическими качествами.

3. Внесено новое представление о значении калия в азотном и углеводном обмене, в синтезе азотистых органических соединений, установлена специфическая роль калия и фосфора в нитратном и аммиачном питании растений. Ф.В. Турчин показал, что недостаток калия в условиях аммиачного питания вызывает обильное накопление аммиака в растениях, приводящее к аммиачному отравлению и даже к полной гибели растений. При этом содержание редуцирующих сахаров в растении не только не понижается, но, наоборот, значительно возрастает.

Действие калия на усвоение аммиака Ф.В. Турчин связывает с влиянием его на химическую активность углеводов. Поэтому при недостатке калия в растении скорость синтеза аминокислот и обновления белков замедляется.

4. Ф.В. Турчин был инициатором широкого использования в агрохимических исследованиях изотопного и спектроскопического методов исследования, что позволило ему выполнить классические исследования в области азотного питания растений и азотистого обмена веществ.

5. Он вскрыл закономерности в синтезе и обмене белков и хлорофилла в растениях и показал, что синтез белков начинается с образования конституционных белков протоплазмы. Запасные белки образуются в результате превращения конституционных белков, которые вовлекаются в общий обмен веществ в организме растений и непрерывно обновляются.

6. Используя хроматографический метод, Ф.В. Турчин установил последовательность синтеза отдельных аминокислот за счет поступившего в растения аммиака: первым синтезируется аланин, затем дикарбоновые аминокислоты – аспарагиновая и глутаминовая кислоты. В более поздние сроки синтезируются основные и ароматические аминокислоты.

7. Изучая процессы биологической фиксации азота, ферментативного синтеза азотистых соединений, Ф.В. Турчин представил схему фиксации атмосферного азота в клубеньках бобовых растений.

В дальнейшем немалый вклад в решение проблемы азота в земледелии внесли П.А. Баранов, Д.А. Кореньков, П.М. Смирнов, Н.А. Сапожников и др.

В XX столетии ряд важных исследований по проблемам фосфора и калия в земледелии были выполнены А.Н. Лебеяднцевым, Ф.В. Чириковым, А.В. Соколовым и другими учеными.



Александр Никандрович Лебедянцев

Александр Никандрович Лебедянцев (1878-1941) внес существенный вклад в развитие агрохимических исследований.

1. Вместе с Д.Н. Прянишниковым он организовал Географическую сеть полевых опытов, благодаря которой была установлена географическая закономерность в действии минеральных удобрений, определена их потребность в региональном аспекте и в стране в целом, что послужило обоснованием развития химической промышленности по производству минеральных удобрений.

2. А.Н. Лебедянцев обстоятельно изучил и впервые убедительно показал возможность успешного применения фосфоритной муки на деградированных, выщелоченных, а также и мощных черноземах, что дало возможность резко повысить урожайность сельскохозяйственных культур на этих почвах.

Эти исследования расширяли возможности обеспечения отечественного земледелия фосфорными удобрениями. Д.Н. Прянишников назвал новую область применения фосфоритной муки «лебедянцевской зоной». Ранее фосфоритование осуществлялось в зоне распространения дерново-подзолистых почв – в так называемой «энгельгардтовской зоне»

3. А.Н. Лебедянцев уделял много внимания вопросу нитрификации как мощному фактору усиления зольного питания растений.

4. Большой объем исследований А.Н. Лебедянцев выполнил по выявлению роли высыхания почвы в повышении ее плодородия и пришел к выводу, что в естественных условиях процесс высушивания почвы играет крупную, доселе совершенно не освещенную роль во всех процессах поднятия почвенного плодородия, которого достигают приемами механической обработки почвы.

Существенный вклад в исследование фосфатного режима почв и повышения эффективности фосфорных удобрений внес *Федор Васильевич Чириков* (1883-1964).

1. Определяя содержание в золе растений CaO и P_2O_5 , проанализировав соотношение $\text{CaO} : \text{P}_2\text{O}_5$ и сопоставив эти данные с отзывчивостью различных растений на фосфор фосфоритов, он установил, что если соотношение $\text{CaO} : \text{P}_2\text{O}_5$ невысокое (1 : 3 и менее), как например, у злаков, то растения не реагируют на фосфорит как на удобрение; при соотношении больше 1 : 3 (гречиха, горох, горчица, люпин) растения усваивают P_2O_5 фосфорита.

2. Изучая усвоение растениями P_2O_5 почвенных фосфоритов, Ф.В. Чириков разделил их на пять групп по растворимости. Эта методика была использована для обоснования дифференцированного применения фосфорнокислых удобрений на разных почвах, а также при изучении фосфорного режима почв, особенностей превращения фосфатов в почве при длительном применении фосфорных удобрений на разных типах почв.

3. Он подробно исследовал процессы превращения фосфатов в почве при использовании гранулированного суперфосфата, действие фосфорных удобрений в севообороте, а также длительность действия различных фосфатов.

Значительный вклад в решение проблемы фосфора в земледелии и в целом в развитие агрономии внес *Андрей Васильевич Соколов* (1898-1980) –выдающийся ученый-агрохимик и организатор науки и практики химизации сельского хозяйства.

Свои взгляды и результаты агрохимических исследований он изложил в книге «Агрохимия фосфора» (1950).

Андрей Васильевич подчеркивал важность и незаменимость фосфора в жизни людей: «Человек не может двигаться, питаться, размножаться, дышать и мыслить без того, чтобы в его организме не происходили многочисленные процессы, в которых активно участвует фосфор». И в связи с этим особенно актуальна проблема фосфора в земледелии.



Андрей Васильевич Соколов

А.В. Соколов отмечал, что оптимизация фосфорного питания растений – интереснейшая область агрономической химии, реализовать которую невозможно без адекватного отношения к фосфорным удобрениям.

Он указывал на тесную взаимосвязь азотного и фосфорного питания растений, на то, что эти элементы входят в состав одних и тех же соединений и тесно взаимосвязаны в обмене веществ.

Андрей Васильевич много внимания уделял и практическим вопросам применения фосфорных удобрений, показывая, что они повышают содержание сахара в свекле, крахмала – в картофеле, ускоряют развитие огурцов и томатов, увеличивают долю бобовых в травосмесях, повышая тем самым качество сена по содержанию белка и т.д.

Он всесторонне изучал роль фосфатов в засушливых условиях, где растения плохо используют фосфаты почвы и в большей степени нуждаются в фосфоре удобрений, способствующих росту корневой системы и ускорению развития растений.

А.В. Соколов исследовал также взаимосвязь фосфорного питания растений с известкованием дерново-подзолистых почв и отмечал, что при известковании почв растения в течение десятилетий используют намного больше фосфатов, чем без известки, что объясняется лучшей усвояемостью фосфатов кальция, чем фосфатов полуторных окислов; при известковании уничтожаются активные формы алюминия и железа, разлагаются органические фосфаты и постепенно гидролизующиеся фосфаты полуторных окислов переходят в кальциевые фосфаты, доступные растениям.

А.В. Соколов уделял внимание и анализу причин более высокой эффективности гранулированных фосфорных удобрений при локальном их внесении. Он объяснил это явление снабжением молодых растений питательными веществами путем приближения удобрений к молодым корням; уменьшением ретроградации почвенных фосфатов, а также уменьшением при этом биологического связывания фосфатов микробами почвы.

Большой научный и практический интерес представляют работы А.В. Соколова «Очерки из истории агрономической химии в СССР» (1958) и «Географические закономерности эффективности удобрений» (1968), в которой он приводит результаты изучения географии действия удобрений на различных типах почв.

Оскар Карлович Кедров-Зихман (1885-1964) внес большой вклад в решение проблемы известкования кислых почв. В монографии «Отзывчивость сельскохозяйственных растений на известкование в связи с почвенной кислотностью и степенью насыщенности почв основаниями» (1934) на основании исследований им сделан важнейший вывод о возможности более широкого использования магнийсодержащих пород

для известкования кислых почв, показаны реакции сельскохозяйственных культур на почвенную кислотность и состав поглощенных катионов в связи с известкованием.

Применение для известкования доломитизированных известняков и доломитов вдвое расширило запасы известкового сырья в стране. По вопросу применения магния при известковании кислых почв им опубликован ряд работ: «Значение магния в известковых удобрениях» (1940), «Влияние известкования почвы на величину и качество урожая в зависимости от содержания магния в известковом удобрении и применения бора» (1948), «Магний и бор как факторы повышения эффективности известкования» (1940).

Особое внимание Оскар Карлович уделял изучению действия микроэлементов на культурные растения в условиях известкования кислых дерново-подзолистых почв. Результаты исследований показали, что борные удобрения усиливают положительное действие извести и, что бор и магний при известковании почвы действуют в одном направлении: увеличивают содержание крахмала в клубнях картофеля, сахара – в корнеплодах свеклы, жира – в семенах, улучшая их качество. Было выявлено также положительное действие кобальта в условиях известкования на урожайность большинства сельскохозяйственных культур, повышение подвижности молибдена при известковании почв, что позволяет сократить применение молибденовых удобрений. В то же время соединения цинка, подобно бору, кобальту, марганцу, при известковании переходят в менее подвижное и менее доступное для растений состояние.

По результатам этих исследований была опубликована серия работ, которые и в настоящее время не утратили своей актуальности.

Агрохимиками страны велась большая плодотворная работа и по изучению вопросов применения органических удобрений. Ведущая роль в решении этой проблемы принадлежала лаборатории органических удобрений ВИУА под руководством И.П. Мамченкова.

Иван Прохорович Мамченков (1896-1980) со времени открытия ВИУА в 1931 г. в течение 40 лет возглавлял лабораторию органических удобрений.

Наиболее важные результаты большого числа многоплановых исследований по органическим удобрениям следующие:

1. Проведение оценки различных способов хранения навоза показало, что при аэробном способе хранения навоза во избежание потерь азота необходимо компостировать его с суперфосфатом и фосфоритной мукой.

2. При саморазогревании торфа и торфонавозных компостов до 60-70⁰С значительно повышается содержание в них аммонийного и легкогидролизуемого азота.

3. При компостировании навоза с фосфоритной мукой увеличивается скорость его гумификации, сокращаются потери азота навоза, повышается

коэффициент использования фосфора фосфоритной муки. Компостирование навоза с суперфосфатом тоже резко сокращает потери азота.

4. Изучение различного рода подстилок (солома, древесные опилки, торф и др.) показало, что экономически наиболее целесообразно применять на подстилку солому и торф, поскольку мобилизация азота торфа достигается при компостировании его с навозом, навозной жижей, с различными отходами сельского и коммунального хозяйства. Была изучена возможность использования осадков сточных вод на удобрение и доказано, что наиболее выгодно совместное применение органических и минеральных удобрений в севообороте.

5. На основе глубокого изучения процессов, протекающих при хранении навоза, были разработаны и реализованы наиболее рациональные способы приготовления и хранения навоза, его компостирования с фосфоритной мукой и суперфосфатом, с различными органическими компонентами, что позволяло получать удобрения высокого качества.

Значительные работы по хранению и применению навоза, кроме И.П. Мамченкова, выполнили Ф.Т. Перитулин, М.А. Егоров, И.Ф. Ромашкевич и др.

Вопросами эффективного использования зеленого удобрения кроме Д.Н. Прянишникова активно занимались Е.К. Алексеев, С.П. Кулжинский, В.Н. Прокошев, Ф.Ф. Юхимчук и др. Результаты их исследований и сейчас имеют большое научно-практическое значение.

В первой половине XX столетия возникла необходимость изучения и широкого испытания эффективности микроудобрений. Изучению влияния микроэлементов на рост и развитие растений, биохимических процессов в растительных организмах и условий высокой эффективности микроудобрений в различных почвенно-климатических зонах Советского Союза были посвящены работы Я.В. Пейве, М.Я. Школьника, Е.В. Бобко, О.К. Кедрова-Зихмана, А.В. Соколова, П.А. Власюка, М.В. Каталымова и многих других ученых. Наиболее обстоятельно были изучены вопросы действия борных удобрений, особенно в условиях известкования. Была установлена высокая эффективность медных удобрений на торфяных почвах. В свекловичных хозяйствах была выявлена высокая эффективность марганцевых удобрений.

На основе этих исследований в земледелии страны стало широко внедряться применение борных, медных и марганцевых удобрений. Позже была установлена высокая эффективность цинковых удобрений, особенно на карбонатных черноземах, а также молибдена, прежде всего под бобовые культуры.



Ян Вольдемарович Пейве

Следует отметить фундаментальные работы *Яна Вольдемаровича Пейве* (1906-1976) по вопросам изучения роли микроэлементов в питании растений и в фиксации азота клубеньковыми бактериями. Этого ученого заслуженно считают основоположником учения о микроэлементах в нашей стране. Кратко перечислим наиболее значимые научные разработки Я.В. Пейве:

1. В 1933-1934 гг. он разработал новую методику определения подвижного калия в почвах, сыгравшую существенную роль в улучшении агрохимического обслуживания и вошедшую в дальнейшем в учебники агрохимии.

2. Анализ результатов сотен полевых и производственных опытов с микроэлементами и представлен Я.В. Пейве в ряде крупных научных работ: «Микроэлементы и ферменты» (1960), «Биохимия почв» (1961), «Руководство по применению микроудобрений» (1963) и др.

3. Возглавив научную работу лаборатории биохимии микроэлементов, организованной им в 1962 г. в составе Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева АН СССР), он выполнил фундаментальные исследования по металлоферментам, имеющим отношение к азотному обмену растений. Большая серия работ была посвящена металлосодержащим белкам, участвующим в процессах симбиотической азотфиксации в клубеньках бобовых растений, и выявлены новые, до сих пор неизвестные звенья процесса биологического связывания азота, что не только обогатило теорию, но и показало практическую возможность интенсифицировать данный процесс, регулируя условия минерального питания растений.

4. В различных почвенно-климатических условиях было изучено влияние на усвояемость почвенных микроэлементов реакции среды почвы, ее окислительно-восстановительные условия, содержание в почве органического вещества, известкования почвы и внесения органических и минеральных удобрений.

5. Ян Вольдемарович тщательно исследовал участие микроэлементов в биохимических процессах в растениях и в почве, проводил исследования на стыке таких наук, как агрохимия, биохимия, аналитическая химия, почвоведение и физиология растений.

6. Под руководством Я.В. Пейве были разработаны методы определения содержания в почве усвояемых растениями форм микроэлементов, методы массового анализа почв на содержание микроэлементов, получившие широкое распространение при решении практических задач повышения продуктивности земледелия.

Агрохимические исследования в нашей стране проводилась в тесной связи с проблемами агропочвоведения: изучение физических, физико-химических и других свойств почв связывалось с отзывчивостью сельскохозяйственных культур на удобрения в различных почвенно-климатических условиях. В результате была создана научно-методическая база для успешного развития химизации в районах возделывания хлопчатника, сахарной свеклы и других культур. Такие ученые, как Н.П. Карпинский, В.А. Францесон, Н.К. Балябо и др., обобщали материалы почвенно-агрохимического обследования, разрабатывали агропочвенное районирование Европейской части СССР и орошаемых районов Средней Азии, на основе чего составляли почвенные карты.

Значительные исследования были проведены В.А. Францесоном и Н.К. Балябо в районах Заволжья по динамике изменения агрофизических свойств и засоления почв.

Н.П. Карпинским на основании результатов опытов с удобрениями на разных почвах была установлена зависимость действия удобрений не только от генезиса почвы, но и от ее окультуренности. Аналогичная зависимость выявлена и исследованиями А.Ф. Тюлина, П.И. Андрианова, Е.Н. Гапона по изучению почвенных коллоидов, физических и физико-химических свойств почв, механизма поглощения почвой катионов и анионов солей под воздействием увлажнения и высыхания почв.

Агропочвоведцами ВИУА были разработаны различные методы определения подвижности питательных элементов почвы. Н.П. Карпинский и В.П. Замятина установили связь между величиной концентрации фосфат-ионов в солевой вытяжке (0,03 н. K_2SO_4) и доступностью фосфора для растений. Для определения степени подвижности калия А.П. Голубевой была предложена величина концентрации калия в вытяжке 0,003 н. $CaCl_2$.

Отделом агропочвоведения проведены также исследования по мелиорации хлоридно-сульфатных солонцовых почв каштановой зоны в условиях орошаемого и богарного земледелия (Н.К. Балябо, Б.С. Гутина и др.).

Большая работа по изучению плодородия целинных и залежных земель и его изменения в первые годы после распашки проводилась под

руководством *Владимира Андреевича Францесона* (1902-1961). Будучи с 1937 г. руководителем лаборатории по изучению плодородия почв черноземной зоны, он изучал водные свойства в процессе высушивания и смачивания черноземных почв и обобщил итоги этих исследований в докторской диссертации «Изменение агрономически важных свойств чернозема под влиянием высушивания и смачивания», которую успешно защитил в 1948 г. В работе были подтверждены выводы А.Н. Лебеяднцева о существенном увеличении подвижности питательных элементов под влиянием высушивания и смачивания почвы и показана связь этих явлений с разрушением почвенных агрегатов.

В 1948-1949 гг. В.А. Францесон руководил экспедицией по изучению водно-физических свойств почв центрально-черноземной области в целях орошения. Полученные материалы опубликованы в работе «Черноземные почвы, их генезис и свойства».

Наиболее важные научные и практические положения, вытекающие из результатов исследований В.А. Францесона:

1. Вопросы окультуренности и окультуривания почв он рассматривал как новый этап в развитии агрономического почвоведения, которое должно изучать не только виды почв как природных тел, но и варианты почв, созданные человеком, т.е. изучать генезис различных культурных почв и их агрономическую характеристику. В.А. Францесон обобщил большой экспериментальный материал почвенно-агрохимических обследований в черноземной зоне и установил ряд закономерностей в отношении эффективности минеральных удобрений в зависимости от почвенных условий и окультуренности почв. Он отмечал, что окультуренные почвы требуют более глубокого изучения эффективности удобрений.

2. Изучая водно-физические свойства черноземных почв, он подчеркивал важность мероприятий по сохранению влаги и преодолению засухи как важнейшей предпосылки получения высокого урожая и проявления высокой эффективности удобрений в неорошаемых районах черноземных степей и лесостепи. Проблему рационального, более экономного использования влаги он рассматривал во взаимосвязи с правильным применением удобрений, поскольку оптимальное соотношение между азотом, фосфором и калием имеет большое значение для экономного расходования влаги в почве при создании высокого урожая. В.А. Францесон считал важным установить наиболее эффективные дозы, соотношение и технику внесения удобрений для преодоления почвенной засухи в период вегетации сельскохозяйственных культур.

3. Было показано, что по мере перехода от обыкновенных черноземов к мощным, выщелоченным, оподзоленным черноземам лесостепи снижается способность почв к накоплению нитратов. В этом направлении

закономерно усиливалось действие азотных удобрений, вносимых под все сельскохозяйственные культуры.

4. В.А. Францесом была установлена определенная связь между эффективностью фосфорных удобрений и динамикой содержания почвенного азота. Даже на почвах, бедных подвижным фосфором, эффективность фосфорных удобрений может сильно снижаться при слабой обеспеченности почв подвижным азотом. Эти научные положения актуальны и в настоящее время.

5. Уделяя много внимания эффективности фосфоритной муки в связи со свойствами почв, Владимир Андреевич констатировал, что малая эффективность фосфоритной муки на почвах с высокой насыщенностью основаниями ставит вопрос о разработке специальных мероприятий по повышению усвояемости фосфорной кислоты фосфорита в этих условиях: внесение фосфоритной муки с физиологически кислыми удобрениями; компостирование ее с навозом; внесение фосфоритной муки под культуры, обладающие повышенной способностью к усвоению фосфорной кислоты из нее.

По эффективности действия фосфоритной муки он выделил в черноземной зоне группы районов:

1) районы сплошного или преобладающего распространения почв, обеспечивающих наиболее эффективное применение удобрений. Это районы выщелоченных и оподзоленных черноземов;

2) районы частичного распространения почв, обеспечивающих наиболее эффективное применение фосфоритной муки. Это районы с преобладанием мощных и тучных черноземов и районы с преобладанием выщелоченных и оподзоленных черноземов с повышенной насыщенностью основаниями;

3) районы, где применение фосфоритной муки эффективно при обязательном обеспечении азотного фона (посев бобовых культур, внесение минерального азота и т.д.);

4) районы, нуждающиеся в специальных мероприятиях по повышению подвижности P_2O_5 фосфоритной муки. Это территории распространения обыкновенных черноземов, обладающих очень высокой насыщенностью основаниями (более 93-95%).

Успехи развития агрохимической науки в XX столетии в значительной мере были связаны с внедрением новых физических, химических, физико-химических методов, а также с совершенствованием методологии агрохимических исследований. Среди ученых, внесших вклад в разработку и внедрение новых методов в экспериментальную агрохимию, достойное место занимает выдающийся ученый *Александр Трофимович Кирсанов* (1880-1941). Он отличался высокой эрудицией не только как агрохимик-почвовед, но и в области растениеводства, земледелия, химии почв и растений и т.д.

Его научно-методические разработки и положения имеют широкое практическое значение и в настоящее время:

1. Александр Трофимович много внимания уделял разработке метода определения подвижных фосфатов в почве как важного элемента питания растений. Это позволило уже в 1931 г. выпустить первые картограммы содержания подвижных фосфатов в различных почвах.

Метод А.Т. Кирсанова и поныне является одним из основных при оценке состояния фосфатного режима почв дерново-подзолистого типа, им широко пользуются в научных учреждениях и в системе агрохимической службы.

2. Он внес значительный вклад в теорию и практику известкования кислых почв, в трактовку природы кислотности почвы, связывая приемы регулирования почвенной кислотности с урожаем, с физическими, физико-химическими свойствами почвы, с биологическими процессами (нитрификацией, аммонификацией, биологическим поглощением питательных веществ почвенными организмами).

Во втором издании книги А.Т. Кирсанова «Известкование как фактор урожайности» (1930) подробно изложен опыт известкования почв в зарубежных странах, а также методические подходы при определении нуждаемости почв в известковании в разных странах.

3. Немало внимания он уделял и проблеме эффективного использования калийных удобрений и взаимовлиянию калийных и азотных удобрений. В связи с этим он опубликовал серию работ: «Химическое определение потребности почв в калийных удобрениях» (1933), «Действие К на различных почвах при различных концентрациях Н, Са и N» (1934), «Взаимная зависимость действия калийных и азотных удобрений» (1935), «Изменение содержания N, P₂O₅, К в урожае ячменя под влиянием почв и удобрений» (1938) и др. Изучая взаимодействие различных видов удобрений, А.Т. Кирсанов еще в 1934 г. пришел к выводу, что «при сильном недостатке калия азотные удобрения не только не повышают урожай, но даже губят его».

Действие удобрений он связывал с наличием доступных питательных веществ в почве, соотношением ионов в почвенном растворе, влажностью почвы, уровнем плодородия, высотой урожаев предыдущих лет, особенностями агротехники и с другими факторами.

Крупный вклад в совершенствование методологии агрохимических исследований внес *Всеволод Маврикиевич Ключковский* (1900-1972). Среди российских ученых XX столетия В.М. Ключковский занимает достойное место как ведущий исследователь в области агрохимии и радиоэкологии, обративший свои фундаментальные знания на исследование строения атомов, разработку методологии и применения метода меченых атомов в агрохимии и биохимии. В его масштабных обстоятельных исследованиях особое место занимает создание и развитие радиоэкологии и агрохимии

радиоактивных продуктов деления. Эти и другие многоплановые исследования радиоизотопов в различных отраслях биологических и сельскохозяйственных наук получили всемирную известность и признание.



Всеволод Маврикиевич Клечковский

Становление и активное развитие сельскохозяйственной радиологии началось с организации В.М. Клечковским в 1947 г. лаборатории биофизики в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, в которой трудились талантливые ученые – А.Г. Шестаков, И.В. Гулякин, Е.В. Юдинцева и др. Уже в течение пяти первых лет работы данной лаборатории были вскрыты основные закономерности поведения радионуклидов в почве, размеры перехода их из почвы в растения, величины накопления радионуклидов в различных органах растений.

Масштабные исследования в дальнейшем были проведены с целью выяснения условий, способствующих поступлению радионуклидов в растения, а также факторов, снижающих накопление радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур. Результаты этих экспериментов имели важное значение и остаются весьма актуальными и по сей день, особенно при выращивании растений на сельскохозяйственных угодьях, подвергшихся радиоактивному заражению.

Яркий след в истории агрохимии, в развитии отечественной агрохимической научной школы оставил *Николай Сергеевич Авдонин* (1903-1979). Им были разработаны важнейшие научно-практические положения в агрохимической науке.



Николай Сергеевич Авдонин

Под руководством Н.С. Авдонина на кафедре агрохимии МГУ им. М.В. Ломоносова проводились многоплановые фундаментальные и прикладные исследования.

1. В начале 50-х гг. выполнены подробнейшие исследования по обоснованию повышенной эффективности гранулированного суперфосфата по сравнению с порошковидным в системе почва – удобрение – растение – микроорганизмы. Было установлено, что снижение ретроградации фосфорной кислоты гранулированного суперфосфата в почве связано с активизацией микробиологических процессов в сфере вокруг гранул, что снижает химическую иммобилизацию фосфора.

Результаты этих исследований были обобщены и опубликованы Н.С. Авдоным в книгах: «Гранулированные удобрения» и «Применение гранулированного суперфосфата», получивших широкую известность в нашей стране и за рубежом.

2. Под руководством Н.С. Авдонина был изучена взаимосвязь между свойствами почвы, применением удобрений и стойкостью зимующих культурных растений к неблагоприятным погодным и другим условиям в зимне-весенний период.

Биохимические исследования содержания в зимующих растениях различных фракций углеводов, азотистых веществ, химического состава золы, изучение активности инвертазы, каталазы, пероксидазы и протеолитических ферментов показали, что гибель этих растений зимой на дерново-подзолистой почве происходит вследствие негативного воздействия на них неблагоприятных свойств почвы и условий зимовки.

Итоги этих исследований были представлены в монографии Н.С. Авдонина «Вопросы земледелия на кислых почвах».

3. На кафедре агрохимии МГУ под руководством Н.С. Авдонина было обстоятельно изучено влияние свойств почвы и удобрений на качество растительной продукции. Результаты исследований показали, что чем более окультурены почвы, тем лучше качество растительной

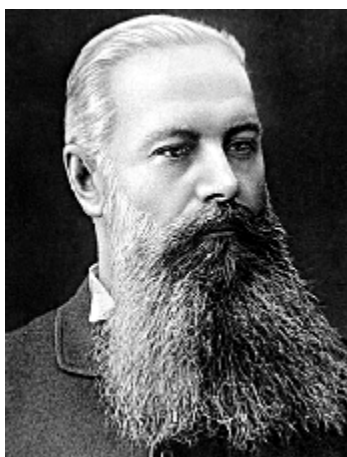
продукции, которое оценивалось по широкому спектру показателей: содержанию белковых веществ, незаменимых аминокислот, различных видов углеводов (глюкозы, сахарозы, крахмала), витаминов (С, В₁, В₂), каротинов, составу зольных веществ и т.д. Эти многочисленные оригинальные данные были обобщены и опубликованы Н.С. Авдониным в книге «Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции».

На развитие агрохимии существенное влияние оказали исследования и разработки ученых, работавших в смежных отраслях знаний. В этой связи необходимо отметить видную роль работ В.В. Докучаева, А.Г. Дояренко, Н.И. Вавилова, С.И. Вольфовича, В.А. Ковды.

Василий Васильевич Докучаев (1846-1903) писал, что улучшение сельскохозяйственной культуры может пойти правильным, надежным путем только при всестороннем знакомстве с почвами. Он изучал почвы с целью управления происходящими в них процессами, определяющими плодородие, устойчивость и высоту урожаев сельскохозяйственных растений.

В ряде своих работ по классификации и оценке земель В.В. Докучаев детально учитывал процесс окультуривания почв при удобрении навозом, изучая плодородие удобренных почв при построении классификации и оценочных шкал.

В 1892 г. он написал свою знаменитую книгу «Наши степи прежде и теперь» как отклик на бедствие народа – в 1891 г. сильная засуха поразила черноземную полосу России. В книге дан анализ причин засухи и изложен план преобразования природы и реконструкции сельского хозяйства черноземной полосы для получения высоких и устойчивых урожаев.



Василий Васильевич Докучаев

Система мероприятий, разработанная и рекомендуемая В.В. Докучаевым, направлена на регулирование водного хозяйства в степях России. Он писал, что вековой опыт местных жителей и научные

исследования, выполненные в южной степи России, свидетельствуют, что черноземная полоса подвергается медленному прогрессирующему иссушению. В связи с этим в книге «Наши степи прежде и теперь» В.В. Докучаев наметил программу действия, систему мер по спасению степного земледелия России и устранению причин, приводящих к стихийным бедствиям в черноземном крае. Главные из них: регулирование рек; регулирование оврагов и балок; регулирование водного хозяйства в открытых степях, на водораздельных пространствах; разработка норм по соотношению площадей пашни, лугов, лесов и вод и совершенствование системы обработки почвы в степном земледелии.

Все предложенное В.В. Докучаевым весьма актуально и ныне и свидетельствует о том, что он мыслил по государственному, стратегически подходил к решению вопросов отечественного земледелия – с учетом всего агрокомплекса, применительно к конкретным природно-географическим условиям.

В.В. Докучаев не ограничивался только составлением своего плана. Он добился организации специальной экспедиции, возглавил ее, организовал сеть опытных станций, на практике проверяя реальность своего плана и эффективность предложенных мер. Разработанный им комплекс агрономических мероприятий был осуществлен применительно к местным условиям на Каменностепной опытной станции (ныне НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева), что позволило в течение многих лет получать в черноземной степи высокие и устойчивые урожаи зерновых и других культур.

В.В. Докучаев писал не только о необходимости создания сельскохозяйственных учреждений для применения разработанных научных положений и выработки наиболее выгодных приемов для достижения успехов в любом техническом производстве, но и о важности подготовки хороших специалистов-агрономов, для чего необходима организация высших учебно-агрономических институтов.

В.В. Докучаев впервые показал важнейшую роль почвы в жизни природы и человека, а в его учении она рассматривается как особое естественно-историческое тело, в котором, как в зеркале, отражаются вековые взаимодействия между мертвой и живой природой, включая и деятельность человека. Поэтому отечественные и зарубежные ученые называют его одним из основателей современного учения о биосфере.

В.В. Докучаев выступал за разработку и развитие отечественной зональной агрономии, против слепого использования достижений агрономии западноевропейских стран.

Определенное влияние на развитие агрохимии оказали и исследования *Алексея Григорьевича Дояренко* (1874-1958).

В 1901-1911 гг. он проводил исследования в области питания растений, изучал роль извести, процессы денитрификации в почве,

совместное действие минеральных удобрений и навоза, способы внесения удобрений.



Алексей Григорьевич Дояренко

Особое внимание А.Г. Дояренко уделял развитию опытного дела и внес много нового в методику полевого опыта. Он считал необходимым перед закладкой опыта изучить пестроту плодородия полей. При этом он предлагал не устранять ее путем уравнительных посевов сельскохозяйственных культур, а, определив сначала естественную пестроту поля, выделить равноплодородные площади под отдельные поля опытов.

Такой подход потребовал разработки методики дробного учета рекогносцировочного посева и обработки полученного громадного цифрового материала. Им был предложен оригинальный метод уборки культуры жаткой с таким расчетом, чтобы каждый сбрасываемый снопок срезался с определенной площади. Полученные десятки тысяч цифр он обрабатывал методом вариационной статистики.

Алексей Григорьевич отмечал, что жизнь растения зависит от многих факторов и всякий агроприем воздействует на тот или иной фактор жизни растений или их группу. Урожайность же культуры является суммарным результатом всех этих воздействий. Поэтому при разработке эффективных технологий (рациональной системы агротехники) необходимо знать степень воздействия каждого приема на эти факторы жизни растения. Это позволяет избавиться от грубого эмпиризма в опытном деле и позволит учитывать роль отдельных приемов (обработки почвы, удобрений и посевов) в создании величины урожая изучаемой культуры.

А.Г. Дояренко впервые ввел в практику полевых опытов широкое использование методов микробиологии, отмечая, что одной из задач полевой культуры является создание условий для регулирования

микробиологической деятельности почвы в нужном направлении, т.е. активизация биологических процессов за счет полезной микрофлоры почвы.

В программу полевых опытов А.Г. Дояренко включал такие вопросы, как: обработка чистых и занятых паров под озимые культуры; весенняя, осенняя обработка и полупар под яровые; обработка дернины; приемы восстановления плодородия почвы; значение трав при культуре льна; бессменные культуры; взаимодействие трех факторов – навоза, трав и обработки, и др.

А.Г. Дояренко – один из первых русских исследователей, изучавших радиоактивность почв и почвенного раствора. Он, рассматривая задачи растениеводства с точки зрения наилучшего использования растениями солнечной энергии для создания органического вещества как источника жизни на земле, проводил работы по определению коэффициента использования солнечной энергии различными растениями в различных условиях, проводил агрофизические опыты.

Алексей Григорьевич исследовал также воздушный режим почв, разработав серию методов и сконструировав ряд приборов для его изучения. Он придавал большое значение и изучению газообмена в почве, особенно в связи с большой потребностью корней растений в кислороде. При этом важную роль отводил «дыханию» почвы, как в почвенном газообмене, так и в обогащении надпочвенного воздуха угольной кислотой.

В изучение водного режима А.Г. Дояренко внес много оригинального, углубив понимание таких факторов, как водопроницаемость почвы, испаряющая способность и капиллярность, для учета которых им были сконструированы соответствующие приборы. Для учета испаряющей способности почвы он разработал психрометрический метод и сконструировал прибор для полевых наблюдений. Это позволило давать количественную оценку многим приемам агротехники, способствующим сбережению влаги, рыхлению почв, лушению, уничтожению корки и т.д.

А.Г. Дояренко с сотрудниками изучали также пищевой режим почв, используя опытное поле. Проводились систематические многолетние исследования нитрификации, динамики содержания фосфатов в почве в связи с нитрификацией и водным режимом (Ф.С. Соболев, С.М. Драчев), была разработана методика определения поглощенного аммония и его динамики в почве (Д.А. Конев), установлена отрицательная адсорбция нитратов и хлоридов в почве (А.В. Трофимов) и др.

Особое внимание уделялось изучению почвенного раствора: содержания в нем питательных веществ, его осмотического давления, электропроводности, степени диссоциации, коллоидальности, концентрации водородных ионов и др.

А.Г. Дояренко обладал огромной эрудицией в различных отраслях знания и искусства, живо откликался на все волнующие вопросы, новые подходы в области отечественного сельского хозяйства, развитию которого он отдал десятки лет своей большой, активной жизни.

Освещаются вопросы агрохимии и в трудах известного ученого Н.И. Вавилова.

Николай Иванович Вавилов (1887-1943) – выдающийся агроном-растениевод, генетик, селекционер, географ, педагог и организатор сельскохозяйственной науки, основоположник учения о биологических основах селекции.

Уже в первых работах Н.И. Вавилова по химической защите растений и в последующих исследованиях о влиянии различных удобрений на иммунитет растений отмечается непосредственная связь с агрохимией. Н.И. Вавилов на основе серии полевых и вегетационных опытов по влиянию азотных и калийных удобрений на иммунную систему растений пришел к заключению, что изменчивость иммунитета в зависимости от условий окружающей среды – вопрос весьма сложный. Он подтвердил это заключение при изучении влияния на иммунитет растений макро- и микроэлементов на новых сортах пшеницы и овса, различающихся по устойчивости к бурой и желтой ржавчине. В число факторов, способных изменять иммунитет растений, он включил такой важный агрохимический показатель, как кислотность почвы.



Николай Иванович Вавилов

Н.И. Вавилов всегда следовал учению Д.Н. Прянишникова об агрохимии как системы растение-почва-удобрение и подчеркивал большое значение минеральных удобрений для земледелия страны. Поэтому с особым удовлетворением Николай Иванович воспринял открытие больших запасов залежей калийных и фосфорнокислых солей в Соликамске и Хибинах. Он писал, что это по-новому поставило проблему химизации земледелия – от академического изучения промышленности минеральных

удобрений, при фактическом их отсутствии, страна приступила на деле к широкому их использованию.

По мнению Н.И. Вавилова, расширение производства минеральных удобрений – одно из существенных условий дальнейшего подъема сельского хозяйства.

На основе результатов опытного исследования эффективности действия минеральных и органических удобрений, а также известкования почв на полях колхозов и совхозов Ленинградской области им были выявлены районы наиболее эффективного применения удобрений в севооборотах в сочетании с другими приемами агротехники. Поэтому в статье «Проблемы северного земледелия» (1931) Н.И. Вавилов писал, что основным условием при этом является химическая мелиорация почвы и применение органических и минеральных удобрений, обращая при этом внимание на недооценку навоза в земледелии нашей страны.

Николай Иванович призывал к дифференцированному подходу к применению удобрений и предостерегал от шаблонного применения любых мероприятий.

Н.И. Вавилов отмечал, что химизация земледелия в стране требует проведения огромной планомерной исследовательской работы, которая может быть под силу, только хорошо налаженному коллективу агрохимиков. Для достижения успехов по любым вопросам агрономических наук он призывал к кооперации усилий ученых различных специальностей между собой – селекционеров, биохимиков, физиологов растений, фитопатологов.

Важную роль в истории развития агрохимии, в частности технологии производства минеральных удобрений, сыграл *Семен Исаакович Вольфкович* (1896-1980), выдающийся ученый-химик.

Его многоплановые работы по технологии производства минеральных удобрений оказывали существенное влияние на развитие химической туковой промышленности. Он руководил исследованиями по переработке хибинских апатитонефелиновых руд на концентрированные удобрения, фтористые соли и соединения редкоземельных металлов; участвовал в освоении первого цеха синтеза аммиака, в разработке процесса получения и кондиционирования аммиачной селитры.

С.И. Вольфкович был инициатором исследований процесса синтеза мочевины и активным пропагандистом ее применения. Впоследствии аммиачная селитра и мочевина стали основными высококачественными и эффективными азотными удобрениями в отечественном земледелии.

Позже Семен Исаакович совместно с сотрудниками предложил способ производства фосфатов и полифосфатов мочевины и тройного удобрения – карбоаммофоски.



Семен Исаакович Вольфович

После открытия крупнейшего Верхнекамского месторождения калийных солей он с сотрудниками предложил технологическую схему переработки сильвинитов, а также метод химической переработки карналлитов с получением калийно-азотного и магниезиального удобрений.

Обширные теоретические и производственные исследования С.И. Вольфовича, его учеников и сотрудников послужили основой для создания и развития промышленности по производству обесфторенных фосфатов, аммонийных и натриевых фосфатов, моно- и дикальцийфосфатов и др., которые получили распространение в качестве кормовых средств для животноводства.

С.И. Вольфович отводил агрохимии важное место среди других отраслей знаний и отмечал, что, объединяя свои усилия с биологией и физикой, она (агрохимия) позволит раскрыть сущность закономерностей развития организмов. Поэтому такие сопредельные, «гибридные» науки, как биохимия, агрохимия, химия почв, биохимия микроорганизмов, биогеохимия, химия пищевых и кормовых средств и т.п., призваны решать важнейшие теоретические и практические задачи изучения круговорота элементов питания в природе, процессов роста и плодоношения растений, животных и микроорганизмов с целью активного воздействия на их течение в нужных направлениях, с желательной интенсивностью.

Еще в 1962 г. С.И. Вольфович призывал не только к увеличению темпов производства минеральных удобрений, но и определил основные направления в развитии их ассортимента и повышении качества; к значительному повышению концентрации питательных веществ в удобрениях; к большему выпуску удобрений в виде тукосмесей и комплексных удобрений, включающих как макро-, так и микроэлементы; к расширению производства борных, медных и марганцевых и к организации производства молибденовых, кобальтовых, цинковых, йодных и других микроудобрений; к выпуску части азотных и комплексных

удобрений в жидком виде; к выпуску части бесхлорных калийных удобрений; к организации производства медленно растворимых (длительно действующих) азотных удобрений и комплексных удобрений на базе продуктов полимеризации мочевины с различными веществами и т.д. Значительная часть этих направлений была реализована на практике при производстве минеральных удобрений.

Во второй половине XX в. получило развитие экологическое направление исследований в агрохимии. Причем существенное влияние в этом направлении оказали работы профессора Московского университета *Виктора Абрамовича Ковды* (1904-1991), своими классическими работами по связи агрохимии с геохимией, создавшего новое направление исследований – агрогеохимическое.



Виктор Абрамович Ковда

Характерная особенность работ В.А. Ковды состоит в том, что рассмотрение глобальных, фундаментальных проблем почвенного покрова, его биосферных и геохимических функций он проводит с позиций жизнеобеспечения человечества на планете, с решением насущных практических задач. Им выполнен и опубликован ряд важных научных работ, содержащих новые фундаментальные положения агрохимии. Отметим наиболее важные из них:

1. В работе «Основы учения о почвах» (1973) В.А. Ковда писал, что культурные (искусственные) биогеоценозы (т.е. агрогеоценозы), направляемые разумом и трудом человека, производят важнейшую органическую продукцию пищевого и производственного значения. Человек получает максимальную устойчивую биологическую продукцию от биогеоценозов только тогда, когда он правильно воздействует на звенья этой сложной системы... Однако эффективно управлять культурными экосистемами удастся лишь тогда, когда правильно понят механизм,

сущность и история взаимоотношений почвы, организмов и условий среды.

2. Плодородие почвы – главное условие жизни человека на Земле. Оптимизация химического состава почв с помощью применения агрохимических средств не только повышает плодородие почв, но и предотвращает возникновение многих эндемических заболеваний человека и животных.

3. Всеобщим и наиболее важным результатом биологического круговорота веществ и биогенной трансформации горных пород, синтеза и минерализации органических веществ явилось повсеместное обособление на суше гумусового горизонта. Именно эта тонкая оболочка энергетически и биологически наиболее активной части почвенного покрова и определяет уровень и потенциальные возможности его плодородия.

4. Органическое вещество с точки зрения агрономической практики и физиологии питания растений выполняет многоплановое действие в агробиogeосистемах: как своеобразные формы комплексных удобрений; перегнойные вещества, образующие агрономически ценную водоустойчивую структуру почвы, способствующую созданию для растений благоприятных водно-воздушных свойств.

Подчеркивая важность гумусовых веществ в практике земледелия, В.А. Ковда обращает внимание на необходимость использования комплекса мер по сохранению и воспроизводству гумуса в почве: систематическое применение органических удобрений; система правильных севооборотов; правильное травосеяние, в частности регулярное возделывание в севооборотах бобовых трав или бобово-злаковых травосмесей; периодическое применение зеленых удобрений; известкование, обогащающее почву соединениями кальция и активизирующее процессы синтеза соединений гуминовых кислот, и т.д.

5. В.А. Ковда отмечал, что наступает время реальной возможности постепенного и все более рационального управления сверхсистемой природа – общество в рамках всей планеты. И эти обстоятельства заставляют особенно внимательно рассматривать проблемы одного из важнейших компонентов природы – почвенного покрова в свете его улучшения, рационального использования и охраны, поскольку с его существованием и нормальным функционированием связано и нормальное функционирование биосферы в целом.

6. Естественное плодородие почв без добавления минеральных и органических удобрений даже на лучших почвах не может обеспечить устойчивое получение урожаев зерновых культур более 25-30 ц/га. Без применения удобрений на подзолистых, серых лесных, осушенных болотных почвах урожаи не превысят 8-12 ц/га; на орошаемых сероземах, черноземах или каштановых почвах – 25-30, а чаще 15-20 ц/га. Для получения урожая зерна порядка 50-60 и тем более 70-100 ц/га нужны

благоприятный биохимический фон почвы, высокая обеспеченность почвы энергией (содержание гумуса 5-6%), влагой, элементами минерального питания и углекислотой.

Успехи будущего земледелия Виктор Абрамович связывал с широким применением минеральных удобрений, отмечая, что промышленные удобрения остаются и будут оставаться в обозримом будущем одним из главных рычагов повышения продуктивности сельскохозяйственного производства. В настоящее время нет разумной альтернативы их применению.

Он писал: «Одной из задач современной агрохимии является всемерное повышение эффективности минеральных удобрений и одновременное изучение экологических последствий интенсивной химизации сельского хозяйства... В развитых странах, где высокопродуктивное сельскохозяйственное производство основано на интенсивном применении удобрений, последние становятся экологическим фактором, усиливающим через почвенно-грунтовые воды, растения и почвенные микроорганизмы круговорот биофильных элементов».

Несомненно, современники и потомки наши должны помнить и быть благодарны многим известным ученым, активно развивавшим в XX столетии фундаментальные положения и методологию агрохимической науки. К уже названным ранее именам исследователей необходимо добавить имена таких ученых, как А.И. Душечкин, П.А. Власюк, И.И. Синягин, А.Н. Соколовский, А.Ф. Тюлин, Е.В. Бобко, И.В. Тюрин, Т.Н. Кулаковская, А.В. Петербургский и др., труды которых по многим разделам агрохимии и практики химизации земледелия хорошо известны и в нашей стране, и во многих странах мира.

Большую роль в развитии химизации земледелия в нашей стране сыграла *Географическая сеть опытов с удобрениями*, начало которой было положено Д.И. Менделеевым. Позднее Д.Н. Прянишников и А.Н. Лебедев продолжали эти опыты на новой основе, охватив ими различные почвенно-климатические зоны. Данные опытов стали основой для планирования производства и применения минеральных удобрений и научно обоснованного их распределения по республикам и зонам страны. Во второй половине XX столетия в Географической сети опытов с удобрениями проводили исследования сотни научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений. Ежегодно ими выполнялись тысячи опытов почти на всех почвенных разностях основных земледельческих районов страны. Большое внимание научными учреждениями уделялось длительным стационарным опытам с удобрениями в севообороте, которые позволяют вскрыть закономерности в изменении плодородия почв, урожая и качества сельскохозяйственной продукции при длительном применении удобрений в севооборотах с учетом конкретных почвенных и климатических условий в каждой зоне.

Это позволило обосновать в большинстве земледельческих районов страны оптимальные дозы и соотношения питательных веществ в удобрении под многие сельскохозяйственные культуры и при их чередовании в севообороте.

Длительное время (до 1969 г.) научным руководителем Географической сети опытов с удобрениями был П.Г. Найдин.

Сейчас каждому ученому-аграрнику и земледельцу ясно, что планировать и получать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, базируясь только на возрастающей эксплуатации естественного плодородия почв, нельзя. Это непременно приведет к прогрессирующему падению урожаев. Удобрения – это могучий фактор, повышающий урожай и значительно улучшающий плодородие почв. Химизация современного земледелия является материальной основой воспроизводства плодородия почв, достижения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур, получения высококачественной продукции. Поэтому и в перспективе роль агрохимии, как науки, в обосновании теоретических основ уровня и темпов химизации и земледелия будет возрастать.

В настоящее время научно хорошо обоснована высокая эффективность использования агрохимических средств благодаря решению следующих комплексных научно-практических проблем:

1. Изучены географические закономерности действия удобрений на обширной земледельческой территории страны.

2. Установлена продуктивность севооборотов в зональном аспекте в зависимости от уровня применения минеральных и органических удобрений в сочетании с химической мелиорацией почвы и другими приемами агротехники.

3. Определено влияние минеральных и органических удобрений на воспроизводство плодородия почвы, на изменение ее агрохимических, агрофизических и биологических свойств, а соответственно повышалась и эффективность удобрений в зависимости от уровня окультуренности и плодородия почвы.

4. Установлены закономерности изменения качества продукции различных сельскохозяйственных культур в зависимости от интенсивности использования агрохимических средств.

5. Показана высокая эффективность удобрений при комплексном их использовании в сочетании с пестицидами, ретардантами, ингибиторами нитрификации и т.д. в прогрессивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

6. Разработаны нормативы расхода удобрений на планируемый урожай и получение дополнительной продукции в зональном аспекте.

7. Достаточно изучены агрохимические и физиолого-биохимические основы оптимизации питания растений с целью реализации потенциальной

продуктивности отдельных культур, а также новых районированных сортов.

8. Разработаны методы комплексной почвенно-растительной диагностики питания сельскохозяйственных культур и потребности в минеральных удобрениях в различных почвенно-климатических условиях страны.

9. Сформулированы и научно обоснованы экологические функции агрохимии.

10. Определены потребность земледелия страны в минеральных удобрениях, требования к их ассортименту и качеству.

Однако направленность агрохимических исследований постоянно совершенствуется с учетом уровня развития смежных наук и возникающих все новых практических задач земледелия. В перспективе на направленность и объем исследований по агрохимии в нашей стране будут влиять следующие условия:

1. Необходимость разработки оптимальных параметров основных показателей плодородия почв, а в связи с этим, применение дифференцированных систем удобрений с учетом разнообразия почвенно-климатических и хозяйственных условий на всей земледельческой территории страны.

2. Особое внимание проявляется к изучению эффективности удобрений в таких крупных земледельческих регионах страны, как Урал, Западная и Восточная Сибирь, Поволжье, которые в перспективе будут крупными потребителями удобрений.

3. Необходимость расширения исследований по установлению закономерностей действия и эффективности удобрений с учетом погодных условий: засухи, избытка влаги, высокой и низкой температур и др.

4. Необходимость значительного расширения исследований действия удобрений на воспроизводство плодородия почв, на баланс гумуса и биогенных элементов в условиях возрастающей интенсификации земледелия.

5. Наличие больших площадей кислых и солонцовых почв, а также изменение их свойств в связи с интенсивной химизацией, что требует проведения более широких исследований эффективности агрохимических средств в сочетании с химической мелиорацией почв.

6. Необходимость более глубоких исследований экологических проблем агрохимии, т.е. влияния удобрений в сочетании с другими средствами химизации на плодородие и свойства почвы, природные водоемы и атмосферу, качество продукции, фитосанитарное состояние почв и посевов.

7. Дальнейшая разработка теоретических положений агрохимии и физиологии минерального питания растений с целью оптимизации применения удобрений и реализации потенциальной продуктивности

сельскохозяйственных культур.

Особое внимание будет уделено разработке и совершенствованию эффективных систем удобрений в севооборотах различной их специализации. Кроме этого, совершенствование форм удобрений, изменение плодородия почв вследствие интенсивного применения удобрений, повышение требований к качеству продукции, появление новых более урожайных сортов, разработка дифференцированных почвозащитных систем обработки почвы, совершенствование приемов внесения удобрений требуют дальнейшего расширения изучения географических закономерностей их действия в сочетании с другими приемами агротехники.

Весьма существенное значение приобретают исследования по разработке агроэкономических требований сельского хозяйства к ассортименту и качеству удобрений, более полному их использованию и повышенной окупаемости их применения. Интерес представляет сочетание в удобрениях макро- и микроэлементов со стимуляторами роста, ингибиторами нитрификации для снижения потерь биогенных элементов, а также изучение ультраконцентрированных удобрений с отсутствием нежелательных вредных примесей.

Требуют совершенствования и углубления исследования по методике диагностики потребностей культурных растений в макро- и микроудобрениях, особенно азотных и калийных.

Комплексный подход к изучению влияния агрохимических средств на баланс и круговорот питательных веществ в земледелии, на плодородие и свойства почвы, продуктивность сельскохозяйственных культур и качество продукции растениеводства, экономическую их окупаемость и решение экологических проблем – важнейшая задача и необходимое условие перспективных агрохимических исследований.

ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Метеорология и агрометеорология тесно связаны, поэтому развитие их имеет общую историю.

История развития метеорологии в древнем мире связана с написанием первой книги по метеорологии крупнейшим ученым Древней Греции Аристотелем (384-322 гг. до н.э.). В этой книге были обобщены наблюдения древних греков за явлениями погоды и сделаны первые попытки их истолкования. Аристотелем впервые установлена связь изменений погоды с изменением направления ветра.



Галилео Галилей

В средние века в летописи заносились сведения о различных, преимущественно опасных явлениях погоды. Много таких сведений имеется и в древних русских летописях.

Новый этап в развитии метеорологии – инструментальные наблюдения – начался с XVI века, когда Галилей изобрел термометр (1593 г.), а затем Торричелли создал барометр (1643 г.). Изобретение этих приборов позволило качественно оценить важнейшие характеристики погоды – давление и температуру воздуха и сопоставить их значения при наблюдениях в различных местах.



Эванджелиста Торричелли

В России регулярные метеорологические наблюдения начались по указу Петра I в Петербурге (1722 г.). Много сделал для развития метеорологии великий русский ученый М.В. Ломоносов. Он создал ряд метеорологических приборов, организовал метеорологические наблюдения в различных пунктах России, сформулировал идею о всемирной службе

погоды для мореплавателей, указал на важность учета и прогноза метеорологических условий для сельского хозяйства. Выступая в Академии наук в 1758 г., Ломоносов отметил: «Предсказание погоды сколько нужно и полезно на земле, ведает больше земледелец, которому во время сеяния и жатвы ведро, во время ращения дождь, благодетельный теплотой надобен».

Идеи Ломоносова значительно опередили его время, и только в конце XVIII и в начале XIX вв., они стали осуществляться отдельными передовыми учеными (А.Т. Болотов, И.М. Комов), которые проводили систематические наблюдения за погодой и состоянием растений. Первое обобщение материалов агрометеорологических наблюдений было осуществлено в 1854 г. Д. Реутовичем в книге «Сельскохозяйственная метеорология».

Дальнейшее развитие метеорологии в России было связано с деятельностью Главной физической обсерватории (ГФО), организованной в Петербурге в 1849 г. Она явилась первым в мире государственным научным учреждением, руководившим метеорологическими наблюдениями. ГФО руководила сетью метеорологических станций, обрабатывала и издавала материалы наблюдений. В 1872 г. в ГФО был составлен первый в России прогноз погоды.

В конце XIX в. крупные русские ученые А.И. Воейков и П.И. Броунов заложили основы агрометеорологии как науки. Воейков показал важность использования климатических данных для сельского хозяйства, организовал в 1885 г. сеть агрометеорологических станций. Броунов сформулировал принципиальные основы методики агрометеорологических наблюдения, выявил закон о критических периодах в развитии растений, предложил метод сопряженных агрометеорологических наблюдений. В 1897 г. он организовал метеорологическое бюро при министерстве земледелия – первое научное агрометеорологическое учреждение. К 1900 г. при опытных сельскохозяйственных станциях было организовано более 50 агрометстанций и около 100 агрометпостов.

С 1901 г. метеорологическим бюро стали издаваться «Труды по сельскохозяйственной метеорологии», первым редактором которых был П.И. Броунов.

Большое влияние на развитие агрометеорологии оказал А.В. Клоссовский, организовавший сеть метеорологических станций и постов на Украине.

Исследования по агрометеорологии за рубежом начались во второй половине XIX в. В это время Гаспареном (Франция) был написан труд о связи земледелия с климатом. В начале XX в. работы по агрометеорологии в Италии начал Дж. Ацци, в США – Б. Ливингстон. В 1913 г. при Международной метеорологической организации в Риме была создана комиссия по агрометеорологии.

Новая эра в развитии метеорологии и агрометеорологии началась после Великой Октябрьской социалистической революции. Декретом Совета Труда и Оборона, подписанным В.И. Лениным в апреле 1921 г., была создана агрометеорологическая служба – метеочасть Наркомзема РСФСР, а в июне 1921 г. В.И. Ленин подписал декрет «Об организации метеорологической службы РСФСР», который определил задачи метеорологического обслуживания народного хозяйства.

Дальнейшее развитие метеорологии и агрометеорологии в бывшем СССР происходило в основном в системе Гидрометеорологической службы (с 1978 г. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной чреды – Госкомгидромет).

В 30-е годы в связи с коллективизацией сельского хозяйства и государственным планирование подъема сельскохозяйственного производства возросли требования к агрометеорологической службе. В 1932 г. на базе созданного П.И. Броуновым отдела был организован Агрогидрометеорологический институт (АГМИ), проработавший до 1938 г. В этот период была создана теория фенологических прогнозов, разработаны основы обслуживания сельского хозяйства различными видами агрометеорологической информации. Началось изучение динамики запасов почвенной влаги на территории России, совершенствовались методы фенологических прогнозов. Г.Т. Селяниновым была составлена первая карта агроклиматического районирования России, выполнены большие работы по агроклиматическому районированию Черноморского побережья Кавказа для обоснования размещения цитрусовых, чая и других субтропических культур.

В 40-е годы расширились исследования динамики запасов почвенной влаги на территории Российской Федерации, совершенствовались методы фенологических прогнозов, разрабатывались методы оценки озимых в зимний период.

В 50-е годы проведены работы по дальнейшему развитию методов оценки агрометеорологических условий и их прогнозированию. Были составлены агроклиматические справочники по всем областям, краям и республикам, оценены ресурсы климата и микроклимата ряда крупных территорий (например, районов освоения целинных и залежных земель) и в целом России. В этот период расширяется и укрепляется сеть станций, обслуживающих сельское хозяйство.

В 60-70-е годы разрабатывались методы агрометеорологических прогнозов урожая по всем основным культурам, прогнозов перезимовки озимых культур, совершенствовались методы прогнозов произрастания пастбищной растительности и прогнозов запасов влаги в почве. Исследовались условия возникновения заморозков, засух, суховея и других опасных для сельского хозяйства явлений погоды и разрабатывались методы защиты от них. Совершенствовались методы

агрометеорологических наблюдений на основе достижений науки и техники и обоснования агротехнических приемов и приемов по защите растений от болезней и вредителей в связи со сложившимися и ожидаемыми условиями погоды. Разрабатывались теоретические основы моделирования продукционного процесса. Проводились крупнейшие агроклиматические исследования на территории России и стран Европы. Создавались новые учебники по агрометеорологии для университетов, сельскохозяйственных вузов, техникумов и колледжей.

Исследования по агрометеорологии проводят преимущественно в институтах Госкомгидромета, а также по Всесоюзном институте растениеводства (ВИР), в некоторых институтах ВАСХНИЛ, в ряде сельскохозяйственных вузов (Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Волгоградской и других сельскохозяйственных академий) и университетах. В большинстве региональных институтов Госкомгидромета созданы крупные агрометеорологические отделы (Закавказском, Казахском, Среднеазиатском, Западно-Сибирском, Дальневосточном и др.). В Гидрометцентре имеется отдел агрометпрогнозов. В 1977 г. создан Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии. При Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина имеется секция агрометеорологии, объединяющая ведущих ученых агрометеорологов всех ведомств нашей страны.

В настоящее время агрометеорологические наблюдения на территории России проводят около 2300 станций и более 16 тыс. постов.

К агрометеорологическим исследованиям привлечен большой отряд ученых. Создана база агрометеорологической науки, опирающаяся на достижения научно-технического прогресса. Современные агрометеорологические исследования проводятся с использованием новейшей аппаратуры, дистанционных приборов, фитотронов, авиации и искусственных спутников Земли. Материалы наблюдений и исследований обрабатываются на компьютерной технике.

Агрометеорологическое обеспечение сельского хозяйства осуществляется Госкомгидрометом и является одной из его главных целей. Агрометеорологическим обслуживанием охвачены все звенья сельскохозяйственного производства. Оно ведется оперативно и на научной основе, способствуя работе агропромышленного комплекса России.

Агрометеорологические исследования опираются на новейшие технические средства, новые приборы и использованием камер искусственного климата, авиации, спутниковой информации, парка ЭВМ.

Российская Федерация является членом Всемирной метеорологической организации (ВМО), учрежденной при Организации Объединенных Наций в 1950 г.

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) принимает активное участие в работе ВМО, в том числе в деятельности Всемирной службы погоды (ВСП) и Комиссии по сельскохозяйственной метеорологии (КСХМ). Российские агрометеорологи вносят значительный вклад в развитие агрометеорологии; занимая в КСХМ ВМО позиции лидеров по ряду направлений этой науки

4.1. МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В агрометеорологии применяют следующие общие метеорологические методы исследований:

- *метод наблюдений* заключается в том, что с помощью приборов на станциях, постах, в экспедициях наблюдают за метеорологическими характеристиками среды;

- *метод эксперимента* сводится к постановке опытов в природных или лабораторных условиях по искусственному воспроизведению того явления (процесса), которые представляет интерес для сельскохозяйственного производства;

- *метод теоретического анализа* основан на изучении агрометеорологических явлений (процессов) с использованием законов физики, биологии, термодинамики и других наук и с привлечением математического аппарата для получения выявленных теоретическим путем закономерностей в количественной форме.

При решении ряда агрометеорологических проблем указанные общие методы получили дальнейшее развитие.

Метод сопряженных (параллельных) наблюдений за состоянием, ростом, развитием растений и метеорологическими условиями, в которых произрастают объекты наблюдений. С помощью этого метода на материалах полевых и лабораторных исследований устанавливают количественные и качественные связи между условиями погоды и ростом, развитием и формированием продуктивности растений, выявляют их потребности в основных факторах среды – количестве света, тепла, влаги, питательных веществ, определяют пороговые (критические) значения этих факторов для различных культур, сортов и гибридов.

Метод учащенных сроков посева предполагает высев растений через каждые, например 5-10 дней, начиная с весны и до конца вегетационного периода. При этом растения попадают в неожиданные условия тепла, влаги и освещенности. Сопряженные наблюдения за метеорологическими условиями, ростом и развитием растений позволяют собрать разнообразные сведения о реакции растений на изменяющиеся условия их произрастания. В результате опыта даже в течение одного года можно получить информацию о влиянии разных комплексов метеорологических

параметров на исследуемое растение в данной местности. Этот метод применяется на участках одного поля или в лабораторных условиях.

Метод географических посевов применяют в различных почвенно-климатических зонах страны или одновременно в нескольких странах. Этот метод позволяет решать ту же задачу, что и метод учащенных сроков посева, так как посевы данного сорта в разных климатических зонах находятся в различных условиях увлажнения, температуры, длины дня и т.д. Этот метод позволяет определить районы, где данный сорт культуры обеспечивает получение высокой продуктивности.

Экспериментально-полевой метод, при котором в полевых опытах с помощью специальных конструкций (камер искусственного климата, теплиц, газометрических экологических камер и др.) и приемов изменяются агрометеорологические условия возделывания растений (регулируются по программе опыта температура и влажность почвы, продолжительность и интенсивность освещения, высота снежного покрова, дозы вносимых удобрений и т.д.).

Метод дистанционного (неконтактного) определения параметров состояния подстилающей поверхности (почвы, растительного покрова), фенологии растений, температуры и влажности, объемов биомассы, отдельных элементов продуктивности растений и т.д. предусматривает использование специальной аппаратуры, установленной на летальных аппаратах (на самолетах, вертолетах, а также на искусственных спутниках Земли) или на различных видах наземного транспорта. Результаты измерений, полученные этим методом, дают информацию об изучаемых объектах на больших площадях.

В последние годы создана сеть аэрофотометрических экспедиций, обследующих состояние посевов и определяющих урожайность естественных пастбищ на больших площадях с помощью дистанционного метода.

Картографический метод исследования заключается в использовании разнообразных карт для выявления климатических и микроклиматических особенностей территории в их статике и динамике для наиболее рационального размещения объектов сельскохозяйственного производства.

Метод математической статистики позволяет обрабатывать массовые материалы наблюдений для установления связи развития и формирования продуктивности растений с условиями погоды.

Метод математического моделирования заключается в построении математической модели, позволяющей с помощью математического аппарата описывать влияние агрометеорологических условий на рост и развитие растений, их продуктивность, а также процессы тепло-, влаго- и энергообмена в системе почва – растение – атмосфера.

4.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА В АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Методы агрометеорологических исследований базируются на использовании основных биологических законов земледелия и растениеводства.

Закон неравноценности факторов среды для растений. Сущность его заключается в том, что не все факторы среды оказывают одинаковое воздействие на растения. Их можно разделить на основные и второстепенные. Основные факторы (свет, тепло, воздух, влага, почва) одинаково необходимы растениям; они оказывают непосредственное и значительное влияние на них. К второстепенным факторам относят ветер, облачность, туман, ориентацию и крутизну склонов и др. Они усиливают или ослабевают действие основных факторов. Так, ветер смягчает действие заморозков, облачность уменьшает ночью охлаждение почвы. Основные факторы влияют на растения в течение всего периода вегетации и на всей территории их произрастания, второстепенные – лишь в отдельные периоды и на небольших территориях.

Закон равнозначности (незаменимости) основных факторов жизни. Он гласит: «Все факторы значимы и незаменимы». Сущность его состоит в том, что ни один из необходимых для развития растений факторов не может быть ни исключен, ни заменен другим. Так, свет нельзя заменить теплом, тепло – влагой и т.д. Все они необходимы растениям. Отсутствие любого из них резко снижает продуктивности и даже приводит к гибели растений.

Закон минимума (лимитирующего фактора), согласно которому при оптимальных прочих условиях урожайность определяется фактором, находящимся в минимуме. Например, в засушливых районах количество влаги служит лимитирующим фактором урожая. Урожай растений будет возрастать при устранении этого минимума и до тех пор, пока в недостатке не окажется другой фактор.

Закон оптимума (совокупного действия) согласно которому наивысшая продуктивность растений обеспечивается только оптимальным сочетанием всех факторов, влияющих на рост и развитие растений.

К.А. Тимирязев и Д.Н. Прянишников неоднократно подчеркивали, что наивысшей продуктивности растение достигает при непрерывном притоке всех необходимых факторов жизни в оптимальном количестве и в соответствии с потребностями каждого вида, сорта и гибрида.

Даже при незначительном отклонении условий среды от оптимальных в тот или иной период роста растений потенциально возможная биологическая продуктивность не достигается, а при аномальных условиях погоды и недостатке питания растений отдельные элементы продуктивности (побеги, колоски в колосе, цветки, зерновки)

погибают и урожайность падает особенно сильно.

Закон критических периодов сводится к тому, что в жизни каждого растения имеются отдельные периоды, когда оно наиболее чувствительно к какому-либо фактору среды (температуре, влаге, солнечной радиации и т.д.).

Закон фотопериодической реакции (физиологических часов) гласит, что растения реагируют на продолжительность дня и ночи, ускоряя или замедляя развитие при изменении длины дня.

Закон плодосмена заключается в чередовании культур в пространстве и во времени (севооборот), что позволяет при прочих равных условиях получать более высокие урожаи, чем при повторных посевах одной и той же культуры на одном месте (монокультура).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева И.И., Родман Л.С. Ботаника. – М.: Колос, 1999. – 488 с.
2. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений / Т.И. Серебрякова, Н.С. Воронин, А.Г. Еленский и др. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 543 с: ил.
3. Васильев А.Е., Воронин Н.В., Еленевский А.Г. и др. Ботаника. Морфология и анатомия растений. – М.: Просвещение, 1988. – 480 с.
4. Демина М.И., Соловьев А.В., Чечеткина Н.В. Гербаризация растительного материала. – М.: РГАЗУ, 2009. – 52 с.
5. Демина М.И., Соловьев А.В., Чечеткина Н.В. Особенности структурообразования оболочки и мембран растительной клетки. – М.: РГАЗУ, 2009. – 24 с.
6. Демина М.И., Соловьев А.В., Чечеткина Н.В. Ботаника (цитология, гистология). – М., 2010. – 116 с.
7. Демина М.И., Соловьев А.В., Чечеткина Н.В. Ботаника (органогрфия и размножение растений). – М., 2011. – 139 с.
8. Еленевский А.Г., Соловьева М.П., Ключникова Н.М. и др. Практикум по анатомии и морфологии растений. – М.: Академия, 2001.
9. Зайчикова С.Г., Барабанов Е.И. Ботаника. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 288 с.
10. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. – М.: Либроком, 2010. – 512 с.
11. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: КолосС, 2004. – 720 с.
12. Муравин Э.А. Агрохимия. – М.: КолосС, 2004. – 384 с.
13. Родионова А.С., Барчукова М.В. Ботаника. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
14. Серебрякова Т.И., Воронин Н.С., Еленевский А.Г. и др. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений. – М.: Академкнига, 2006. – 543 с.
15. Тимонин А.К., Филин В.Р. Ботаника. – М.: Академия, 2009, Т. 4, Кн. 1. – 320 с.
16. Хржановский В.Г., Пономаренко С.Ф. Ботаника. – М.: Агропромиздат, 1988. – 383 с.
17. Хржановский В.Г. Курс общей ботаники (цитология, гистология, органогрфия, размножение). – М.: Высш. Школа, 1976. – 272 с.
18. Хромов С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – 527 с.
19. Чечеткина Н.В., Демина М.И., Соловьев А.В. Растительная диагностика питания сельскохозяйственных растений. – М.: РГАЗУ, 2010. – 118 с.
20. Яковлев Г.П., Челобитько В.А., Дорофеев В.И. Ботаника. – Спб.: СпецЛит, 2008. – 687 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Эры	Периоды		Длительность, млн лет	Основные этапы развития растительности
Кайнозойская	Четвертичный		1	Господство современных видов растений (появление человека; ледниковая эпоха)
	Третичный	Неоген	25	Широкое распространение покрытосеменных растений – деревьев и трав
		Палеоген	45	Господство покрытосеменных растений
Мезозойская	Меловой		40	Развитие древесных покрытосеменных растений. Вымирание саговниковых, гингковых, беннетитовых
	Юрский		45	Широкое распространение саговниковых, гингковых и хвойных. Появление первых покрытосеменных
	Триасовый		35	Появление беннетитовых. Вымирание кордаитовых. Распространенных семейств папоротникообразных
Палеозойская	Пермский		40	Распространение голосеменных. Вымирание древовидных папоротникообразных
	Каменноугольный		50	Расцвет древовидных папоротникообразных. Первые голосеменные
	Девонский		35	Расселение первичных папоротникообразных растений. Появление мхов и грибов. Вымирание псилофитов
	Силурийский Ордовикский		120	Первые наземные растения – псилофиты
	Кембрийский		80	Водоросли и бактерии
Протерозойская			Более 2500	Бактерии и водоросли
Археозойская				Появление жизни на земле

ИСТОРИЯ БОТАНИКИ В ДАТАХ

Около 300 лет до Рождества Христова написана «Естественная история растений» – первый, почти полностью сохранившийся до наших дней ботанический трактат ученика Аристотеля Теофраста (371-286 гг. до Р.Х.). Его взгляды на природу растений и их классификацию оказывали влияние на развитие ботаники почти до XVIII века. К. Линней называл Теофраста «отцом ботаники».

I в. после Р. Х. – трактат древнегреческого врача Диоскорида «О лекарственных средствах». Впервые описано около 600 видов растений, преимущественно используемых в медицине.

XIII в. – трактат «О растениях» – 7 книг из энциклопедии крупнейшего средневекового немецкого ученого Альберта Великого (1206-1280), провозвестника эпохи возрождения ботаники. Фундаментальная сводка, содержащая описания растений и их свойств, заимствованные в основном у древних.

XIV-XVI вв. – создание в Италии первых ботанических садов: Салерно (1309), Венеция (1333). Более известны академические и университетские ботанические сады в Голландии – Лейден (1587), во Франции – Монпелье (1593) и Страсбург (1619), Англии – Оксфорд (1621), Германии – Гейдельберг (1593) и в Италии – Пиза (1533) и Болонья (1567). Первая кафедра ботаники в Падуе (1533).

Начало XVI в. – изобретение способа сохранения растений путем их сушки между листами бумаги (начало гербаризации растений) итальянским Ученым Лучо (Лукой) Гини (1490-1556). Гербарий ученика Гини – Ж. Цибо (1532) хранится во Флоренции (Италия). В России старейшей гербарной коллекцией считаются 73 образца, собранные лейб-медиком Петра I Р. Арескиным (1715) в самом начале XVIII в. Эта коллекция хранится в Гербарии Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской академии наук.

XVI в. – начало возрождения ботаники; немецкие «отцы ботаники» описывают, зарисовывают с натуры растения местной флоры и составляют первые оригинальные «травники»: 1530-1536 – «Живые изображения растений» О. Брунфельса, 1539 – «Новый травник» И. Бока, 1542 – «История растений» Л. Фукса.

1583 г. – «16 книг о растениях» итальянца А. Чезальпино (Чезальпино) (1519-1603). Первая искусственная система растительного царства, оказавшая большое влияние на развитие систематики в долиннеевский период.

Около 1590 г. – изобретение микроскопа братьями Янсенами.

Конец XVI – начало XVII вв. – создание первых специальных хранилищ гербаризированных растений – гербариев.

XVII-XIX вв. – активное изучение флор «экзотических» стран: Эрнандес, Пизон, Маркграф (XVII в.) – Центральная и Южная Америка; Слоан (XVII в.) – Вест-Индия; Румпф (XVII в.) – Молуккские о-ва (Индонезия); Бойм, Кемпфер, Кеннингем (XVII в.), Шерард (XVII–XVIII вв.) – Индия и Китай; Линней – Лапландия; Бергиус, Коммерсон, Адансон (XVIII в.), Дефонтен (XVIII–XIX вв.) – Африка; И. Гмелин, Паллас (XVIII в.) – Сибирь; Крашенинников (XVIII в.) – Камчатка; Биберштейн (XIX в.) – Крым, Кавказ; Гумбольдт и Бонплан (XVIII–XIX вв.) – Америка; Буассье (XIX в.) – страны Востока (Юго-Западная Азия); Бэнкс (XVIII в.), Браун (XIX в.) – Австралия; Карелин, Кирилов (XIX в.) – Алтай, Казахстан; Турчанинов (XIX в.) – Забайкалье; Ледебур, Мейер, Бунге (XIX в.) – Алтай.

1629 г. – опыты голландского естествоиспытателя Я. ван Гельмонта (1577-1644) по корневому питанию растений. Первая работа в области физиологии растений.

Середина XVII в. – немецкий натуралист и философ И. Юнг (1587-1657) закладывает основы описательной морфологии растений.

1665 г. – открытие клеточного строения организмов английским естествоиспытателем Р. Гуком (1635-1703).

1675 г. – «Анатомия растений» М. Мальпиги (1628-1694).

1682 г. – «Анатомия растений» Н. Грю (1641-1711).

1683 г. – первое описание инфузорий и бактерий голландцем А. ван Левенгуком (1632-1723).

1686-1704 гг. – публикация «Истории растений» английского биолога Д. Рея (1627-1705), первое научное определение вида у растений. Описано 18600 видов, введено деление растений на однодольные и двудольные.

1694 г. – в Париже опубликованы «Элементы ботаники» Ж. Турнефора (1656-1708). При классификации растений впервые использованы четыре систематические категории: класс, секция (близко к понятию отряда в зоологии), род и вид. Введено научное понятие рода.

1694 г. – экспериментальное доказательство пола у растений немецким ботаником и врачом Р. Камерариусом (1665-1721). Первая работа в области эмбриологии растений.

1709 г. – «Растения, погребенные потопом» швейцарского ученого И. Шейхцера (1672-1733). Заложены основы палеоботаники.

1714 г. – создание «Аптекарского огорода» (рис. 8), позднее Ботанического сада и Ботанического института (ныне единое учреждение – Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге).

1727 г. – работы английского естествоиспытателя С. Гейлса (1677-1761) по корневому питанию растений.



Рис. 8. Первое ботаническое учреждение – «Сады Ея Величества» в России на карте Петербурга 1725 г.

1735 г. – «Система природы» К. Линнея (1707-1778) – венец искусственных систем в систематике растений.

1749-1788 гг. – «Естественная история» французского естествоиспытателя Ж. Бюффона (1707-1788). Научные доказательства изменчивости видов.

1753 г. – «Виды растений» К. Линнея. Введение бинарной номенклатуры у растений. День выхода этого сочинения – 1 мая 1753 г. – стал исходной датой при определении приоритета в описании новых видов растений.

Середина XVIII в. – «Лестница существ» швейцарского натуралиста Ш. Бонна (1720-1793); неорганические тела – растения – животные – человек.

Вторая половина XVIII в. – работы немецкого ботаника И. Гедвига (1730-1799). Заложены основы науки о мхах – бриологии.

1756-1760 гг. – первые опыты по гибридизации растений немецкого ученого И. Кельрейтера (1733-1806).

1763 г. – «Естественные семейства растений» французского естествоиспытателя М. Адансона (1727-1806), первая естественная система растений. Постулат одинаковой значимости всех признаков для классификации (принцип Адансона) используется до настоящего времени в ряде подходов к классификации растений.

1774 г. – первые опыты по фотосинтезу английского ученого Д. Пристли (1733-1804). Открытие выделения кислорода растениями.

1779 г. – открытие фотосинтеза голландским естествоиспытателем Я. Ингенхаузом (1730-1799).

1782 г. – работа швейцарского ученого Ж. Сенебье (1742-1809) по изучению воздушного питания растений. Введение понятия «физиология растений» (1791).

1789 г. – «Роды растений» французского ботаника А. Жюссье (1748-1836), революционная работа, положившая конец созданию искусственных систем в ботанике. Впервые намечено 100 естественных семейств, большинство из которых сохранилось в науке до нашего времени.

1789-1814 гг. – работы шведского ученого А.-Э. Ахариуса (1757-1819), основателя лишенологии. Русский термин «лишайник» был предложен А. Н. Бекетовым в 1860 г.

1790 г. – «Опыт объяснения метаморфоза растений» И. Гете (1749-1832), великого немецкого поэта и естествоиспытателя. Научное обоснование идеи единства и видоизменения органов растений. Заложены основы сравнительной морфологии. Термин «морфология» введен Гете в 1817 г.

1793 г. – опыт перекрестного опыления растений с помощью насекомых немецким ботаником Х. Шпренгелем (1750-1816). Заложены основы антропоэкологии растений.

Начало XIX в. – работы немецкого естествоиспытателя А. Гумбольдта (1769-1859), заложившие основы географии растений.

1804 г. – швейцарский химик и физиолог растений Н.-Т. Соссюр (1767-1845) разработал основы теории дыхания растений и показал роль CO_2 и участие воды в процессе фотосинтеза.

1809 г. – первая эволюционная теория французского естествоиспытателя Ж.-Б. Ламарка (1744-1829).

1813 г. – «Элементарная теория ботаники» швейцарского ботаника О. Декандоля (1778-1841). По его системе составлялись флористические сводки на протяжении целого века, многие таксоны, им установленные, сохранились в ботанике до наших дней. В монументальном многотомном труде, начатом О. Деканделем (продолженном его сыном Альфонсом и внуком Казимиром Декандолями) – «Введение в естественную систему растительного мира» (1818-1874), описано около 75 000 видов растений.

1822 г. – открытие осмоса французским исследователем Г. Дютроше (1766-1847). Открытие метода мацерации тканей.

1823 г. – «Основы общей географии растений» датского ботаника И. Скоу, положившего начало флористическому районированию земного шара. Продолжение этих работ у А. Декандоля и немецкого ботаника А. Шимпера (1856-1901).

1825 г. – английский ботаник Р. Броун (1773-1858) установил основные различия между голосеменными и покрытосеменными растениями.

1828-1837 гг. – «История ископаемых растений» французского ботаника А. Броньяра (1801-1876); создание палеоботаники.

1800-1850-е гг. – работы швейцарских ученых отца (1785-1859) и сына (1813-1901) Агардов в области изучения водорослей; оформляется наука альгология.

1800-1850-е гг. – работы основателей микологии (науки о грибах) Х. Персона (1755-1837) и Э. Фриза (1794-1878).

1829-1833 гг. – выход в свет предтечи «Флоры России» – 4-х томной «Флоры Алтая», авторами которой явились крупнейшие ботаники: К.Ф. Ледебур (1785-1851), К.А. Мейер (1795-1855) и А.А. Бунге (1803-1890). Второй раз издавать полную сводку по «Флоре Алтая» решились лишь в 2005 г., благодаря инициативе и непосредственному участию выдающегося российского ботаника Р.В. Камелина (1938).

1831 г. – открытие клеточного ядра английским ботаником Р. Броуном (1773-1858).

1835 г. – обнаружено деление клеток у растений, введен термин «протоплазма» (1846) Г. фон Модем (1805-1872).

1838 г. – обоснование клеточной теории немецкими учеными – ботаником М. Шлейденом (1804-1881) и зоологом Т. Шванном (1810-1882).

1840 г. – опубликован труд немецкого агрохимика Ю. фон Либиха (1803-1873) «Питание растений минеральными веществами. Опровержение теории гумуса». Установлено, что в питании растений основу составляют неорганические вещества почвы и углекислый газ воздуха.

1849-1851 гг. – открытие и обоснование понятия гомологии при смене поколений у высших растений немецким ученым В. Гофмейстером (1824-1877).

1855 г. – «Основания географии растений» швейцарского ученого А. Декандоля (1806-1893). Фитогеография (география растений) становится наукой, использующей количественные характеристики.

1855 г. – сформулирован постулат немецкого исследователя Р. Вирхова (1821-1902) – «каждая клетка от клетки». Клеточная теория приобретает современное «звучание».

1858 г. – теория немецкого исследователя Г. фон Негели (1817-1891) о мицеллярной структуре протоплазмы.

1859 г. – «Происхождение видов» Ч. Дарвина (1809-1882). Заложены научные основы современной теории эволюции.

1860 и последующие годы – изучение фотосинтеза немецким физиологом растений Ю. Саксом (1832-1897) с использованием водных культур растений. Крахмал как продукт фотосинтеза.

1860 г. – опыты одного из основателей микробиологии Л. Пастера (1822-1895), показавшие несостоятельность теории самозарождения жизни.

1862-1883 гг. – «Роды растений» – капитальный труд английских ботаников Д. Бентама (1800-1884) и Д. Гукера (1817-1911), последняя по времени создания и наиболее значимая естественная система растений.

1864 г. – первая попытка создания генеалогической системы высших растений немецким ботаником А. Брауном (1805-1877).

1865 г. – «Опыты над растительными гибридами» Г. Менделя (1822-1884). Сформулированы главнейшие законы наследования признаков (позднее названы «законами Менделя»), составившие основу генетики.

1866 г. – биогенетический закон развития Э. Геккеля (1834-1919): филогенез отраженно повторяется в онтогенезе. Позднее получил название «закона Геккеля–Мюллера».

1872 г. – «Растительность земного шара» немецкого географа растений Г. Гризебаха (1814-1879). Заложены основы геоботаники (фитоценологии).

1874 г. – И.Д. Чистяков (1843-1877) описал ряд фаз митоза в спорах плаунов. Полное описание митоза у растений осуществлено в 1876-1879 гг. немецким исследователем Э. Страсбургером (1844-1912).

1877 г. – изучение осмотических явлений в живой клетке немецким физиологом растений В. Пфеффером (1845-1920).

1882-1884 гг. – «Физиологическая анатомия растений» австрийского ученого Г. Габерландта (1854-1944), первая современная классификация растительных тканей, основанная на их функциях.

1884 г. – «Сравнительная морфология и биология грибов и бактерий» немецкого миколога Г. де Бари (1831-1888); одна из основополагающих работ по микологии.

1884 г. – датский бактериолог Х. Грам (1853-1938) открыл способ окраски клеток бактерий (окраска по Граму).

1884 г. – открытие слияния ядер при оплодотворении у цветковых растений Э. Страсбургером (1844-1912).

1885-1886 гг. – Г. Хельригель, Вильфарт и другие доказывают, что фиксация азота в бобовых растениях коррелирует с образованием корневых клубеньков, которое зависит от инфекции, вызываемой почвенными бактериями.

1887 г. – Т. Бовери (1862-1915) характеризовал ход мейоза.

1887 г. – начало издания многотомного труда: «*Die natürlichenflanzen*»

немецких ботаников А. Энглера (1844-1930) и К. Прантля (1849-1893). Это крупнейшее издание в области систематики растений всех времен. Система Энглера использовалась ботаниками до 80-х гг. XX в.

1888 г. – М. Бейеринк (1851-1931) выделяет чистую культуру из корневых клубеньков бобовых растений.

1892 г. – русский микробиолог Д.И. Ивановский (1864-1920) открыл вирус табачной мозаики. Термин «вирус» введен в 1898 г. голландским ученым М. Бейеринком.

1893 г. – сформулирована эвантиевая (эвантовая) гипотеза происхождения цветка американским ботаником Ч. Бесси (1845-1915). В 1896 г. эти же воззрения независимо были высказаны немецким ботаником Г. Галиром (1868-1932).

1893 г. – бельгийский ученый Л. Долло (1857-1931) обосновывает положение о необратимости биологической эволюции, позднее получившее название правила Долло.

1893 г. – русский ботаник С.И. Коржинский (1861-1900) обосновывает морфолого-географический метод в систематике растений, детально разработанный в 1898 г. австрийским ботаником Р. Веттштейном (1863-1931).

1894 г. – в России создается при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Бюро прикладной ботаники. Первоначально его возглавлял А. Ф. Баталли (1847-1896), позднее – Р. Э. Регель (1867-1920). С 1924 г. на базе Бюро организован Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур (ныне – Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова).

1894 г. – выход в свет первого издания учебника Э. Страсбургера «Ботаника».

1895 г. – «Экологическая география растений» датского ботаника И. Варминга (1841-1924). Заложены основы современной экологии растений.

1898 г. – открытие двойного оплодотворения у покрытосеменных растений русским ботаником С. Г. Навашиным (1857-1930).

1900 г. – повторное открытие законов наследственности Менделя Э. Чермаком (1871-1962), К. Коренсом (1864-1933) и Г. де Фризом (1848-1935).

1901 г. – разработка теории мутаций Г. де Фризом.

1902 г. – изложение теории симбиогенеза (пластиды как потомки цианобактерий) К. Мережковским (1855-1921). Ранее в 1883 г. сходные взгляды высказывали А. Шимпер и Ф. Шмитц.

1907 г. (и позднее) – разработка псевдантовой (псевдантливой) гипотезы происхождения цветка австрийским ботаником Р. Веттштейном (1863-1931) и его последователями.

1907 г. – разработка эвантливой теории цветка (в более широком смысле стробилярной теории) Н.Арбером и Д. Паркином.

1910 г. – открытие хромосом американским генетиком Т. Морганом (1866-1945).

1912 г. – разработка русским ботаником В.Л. Комаровым (1869-1945) представлений о виде-расе, позднее использованных при работе над «Флорой СССР».

1913 г. – выдвижение американским зоологом и экологом В. Шелфордом (1877-1968) основного положения закона толерантности, получившего позднее название правила Шелфорда. Вместе с законом Либиха объединяются в принцип лимитирующих факторов.

1913 г. – выяснение структуры хлорофилла группой немецкого химика Р. Вильштедтера (1872-1942).

1915 г. – изложение русским ботаником В.Н. Сукачевым (1880-1967) основных направлений и методов геоботаники (фитоценологии).

1915-1917 гг. – В. Творт и Ф. Герель описывают вирусы бактерий (бактериофаги).

1916 г. – «Эволюция путем гибридизации» голландского ботаника Я. Лотси (1867-1931).

1917 г. – шотландский зоолог Дарси Уэнтворт Томпсон публикует Работу «О росте и форме», в которой излагает математические представления о формообразовании.

1920 г. – Н. И. Вавилов (1887-1943) формулирует закон гомологических рядов.

1920 г. – работа американских исследователей В.В. Гарнера (1875-1941) и Г.А. Алларда (1880-1963) о значении света в детерминации процессов развития растения.

1922 г. – работы шведского эколога Г. Турессона (1892-1970) в области экологии вида. Установлено существование у растений наследственно закрепленных форм – экотипов.

1922 г. – сформулирована гипотеза дрейфа материков немецким географом А. Вегенером (1880-1939), тем самым заложена основа современной теории тектоники плит, важной для формирования многих положений географии растений.

1924 г. – «Происхождение жизни» А.И. Опарина (1894-1980). Впервые сформулирована естественно-научная теория возникновения жизни на Земле. Независимо сходные представления изложены в 1929 г. английским ученым Дж. Холдейном (1892-1964).

1925 г. – французский биолог Э. Шеттон с помощью светового микроскопа установил различия между прокариотической и эукариотической клеткой.

1926 г. – открытие голландским исследователем Ф. Вентом (1863-1935) специфических гармонов роста – ауксинов.

1926 г. – «Биосфера» В.И. Вернадского (1863-1945).

1926 г. – работа отечественного генетика С.С. Четверикова (1880-1958) по обобщению биолого-генетических основ микроэволюции.

1926-1928 гг. – первые публикации отечественного фитогеографа М.Г. Попова (1891-1955), разработавшего оригинальную гипотезу формирования флор путем «сверхгибридизации».

1928 г. – публикация основной работы швейцарского геоботаника А. Браун-Бланке (1884-1980), где им сформулирован флористический подход к изучению растительности.

1929 г. – датский ботаник К. Раункиер (1860-1938) создает одну из самых популярных экологических классификаций жизненных форм растений.

1930 г. – создание теории флоэмного транспорта Э. Мюнхом.

1930 г. – теломная теория происхождения органов сосудистых растений немецкого систематика и эволюциониста В. Циммермана (1892-1980).

1931 г. – исследования физиолога растений М.Х. Чайлахяна (1902-1991) по гормональному контролю роста и развития растений.

1931-1933 гг. – Э. Руска (1907-1988) сконструировал электронный микроскоп. Нобелевская премия 1986 г. совместно с Г. Бинингом и Г. Рорером.

1933 г. – Ф. Зернике изобретает фазово-контрастный микроскоп; его изготавливает фирма «Carl Zeiss», «Jena» (около 1946 г.). Нобелевская премия 1953 г.

1933 г. – новая теория биологического окисления немецкого ученого Г. Виланда (1877-1957). Независимо и ранее разрабатывалась в России В.И. Палладиным (1859-1922).

1934 г. – Г.Ф. Гаузе разработана концепция ниш сосуществования организмов.

1934-1964 гг. – выходит 30-томное издание «Флоры СССР», крупнейшей сводки такого рода. В ней охарактеризовано около 18 000 видов растений, произрастающих на территории СССР.

1935 г. – разработка английским геоботаником А. Тенсли (1871-1955) понятия экосистемы. Начало работ в 20-х гг. XX в.

1935 г. – кристаллизация вируса табачной мозаики американским вирусологом У. Стенли (1904-1971).

1937 г. – установление английским биохимиком Х. Кребсом (1900-1981) цикла превращений в организме органических кислот (цикл Кребса). Нобелевская премия за 1953 г.

1937 г. – изучение фотосинтеза английским биохимиком Р. Хиллом. Фотолиз воды с помощью изолированных хлоропластов.

1937-1943 гг. – «Сравнительная морфология высших растений» немецкого ботаника В. Тролля (1897-1978).

1938 г. – обобщающая публикация А. Фрей-Висслинга «Субмикроскопическая морфология протоплазмы и ее производных».

1938-1947 гг. – исследование по цитогенетической биосистематике и эволюционным преобразованиям у сосудистых растений, осуществленные Э. Б. Бабкоком и Дж. Стеббинсом.

1939 г. – разработка теории климакса растительных сообществ американским ботаником Ф. Клементсом (1874-1945).

1940 г. – теория циклического старения и омоложения растений, сформулированная российским ботаником Н.П. Кренке (1892-1939).

Начало 1940-х гг. – селекционные работы под руководством американского селекционера, лауреата Нобелевской премии мира за 1970 г. (борьба с голодом) Н. Борлоуга по созданию новых высокопродуктивных линий пшеницы – начало «зеленой революции» в мировом сельском хозяйстве. Работы проводились в Мексике.

1940-е гг. – разработка Ф. Уайтом, П. Нобе и Р. Готре метода культуры изолированных органов и тканей растений на жидкой и твердой питательных средах. В 1958 г. Ф. Стьюард и в 1964 г. Р.Г. Бутенко (1920-2004) получили методом культуры изолированных клеток целое растение – регенерант.

1942 г. – в работе «Эволюция. Современный синтез» Дж. Хаксли (1887-1975) изложены основы синтетической теории эволюции.

1943-1944 гг. – американские исследователи О. Эвери, К. Мак-Леод и М. Мак-Карти установили генетическую активность ДНК, благодаря которой изолированная ДНК встраивается в геном бактерий, изменяя их фенотип.

1947-1949 гг. – открытие САМ-метаболизма у растений В. и Й. Боннерами и М. Томас.

1950 г. – монументальная итоговая сводка анатомических данных по всем крупным таксонам «Анатомия двудольных» английских ботаников К. Меткафа и Л. Чока. «Анатомия однодольных» опубликована в 1960 г.

1952 г. – Ирэнэ Мантон установила структуру ундулиподиев эукариот (9 + 2), что отличает их от структуры жгутиков прокариот.

1953 г. – первый абиогенный синтез аминокислот, осуществленный американским биохимиком С. Миллером.

1953 г. – выяснение строения и создание модели ДНК американским биологом Дж. Уотсоном и английским генетиком Ф. Криком (1916-2004).

Середина 1950-х гг. – получение американским генетиком Дж. ОМарой с помощью мутагенного алкалоида колхицина гибрида пшеницы и ржи – тритикале, у которого сочетались высокая урожайность и неприхотливость.

1954-1966 гг. – осуществление Ряды работ, приведших к открытию С₄-фотосинтеза.

1956 г. – создание «Геоботанической карты СССР» в масштабе 1 : 4 000 000 коллективом российских геоботаников под руководством Е.М. Лавренко (1900-1987) и В.Б. Сочавы (1905-1978).

1957 г. – американский биохимик Кальвин (1911-1997) открыл цикл темновых реакций в фотосинтезе (цикл Кальвина). Нобелевская премия по химии за 1961 г.

1959 г. – вышел в свет первый том «Полевой геоботаники» (к настоящему времени издано 5 томов). Это крупнейшее руководство в практической работе российских геоботаников при изучении растительности.

1960-1990-е гг. – разработка трех альтернативных систем цветковых растений А.Л. Тахтаджяном, А. Кронквистом и Р. Торном.

1960-1963 гг. – теория гонофилла английского ботаника Р. Меллвила.

1961 г. – подтверждение Ф. Криком, Л. Барнетом, С. Бреннером и Дж. Уотсоном универсальности генетического кода.

1961 г. – американский биохимик М. Ниренберг расшифровал генетический код ДНК. Нобелевская премия 1968 г. совместно с Р.-У. Холли и Х.-Г. Кораной.

1961-1966 гг. – английский биохимик П. Митчелл (1920-1982) разработал хемиосмотическую теорию, объясняющую механизм преобразования энергии в биологической мембране при синтезе АТФ. Нобелевская премия за 1978 г.

1962 г. – Р. Стайнер и К. ван Нейл формулируют различия между прокариотическими и эукариотическими клетками на основе исследований с помощью электронного микроскопа.

1962 г. – Р. Хегнауэр начинает серию публикаций по хемотаксономии растений, которая продолжалась до 1990 г.

1963 г. – Р. Сокэлом и П. Снитом сформулированы принципы нумерической систематики. Позднее они были положены в основу так называемых фенетических классификаций.

1965-1972 гг. – сформулирована теория антокорма голландским фитоморфологом А. Мееузе (Мезе). Во многих положениях она перекликается с теорией гонофилла Р. Меллвила.

1966 г. – в книге «Филогенетическая систематика» немецкого зоолога В. Хеннига (1913-1976) разработаны новые подходы к классификации организмов, позднее получившие название кладистического метода. Первое немецкое издание опубликовано в 1950 г.

1967 г. – создана первая в России лаборатория культуры тканей лекарственных растений. Культивировался женьшень и раувольфия змеиная. Организаторы И.В. Грушвицкий, Л.И. Слепян и А.Г. Воллосович.

1968 г. – начало осуществления грандиозного проекта «Flora Neotropica».

1969 г. – новая концепция царств живых организмов, предложенная американским экологом Р. Уиттейкером (1920-1981).

1972 г. – создание в СССР (с. Гулькевичи Краснодарского края) единой растениеводческой коллекции семян – первого и крупнейшего в мире Национального банка генетических ресурсов культурных растений и их родичей.

1973-1974 гг. – начало использования методов генной инженерии С. Коэном и Г. Бойером.

1977 г. – разработка техники секвенирования ДНК В. Гильбертом и Ф. Сэнджером. Нобелевская премия за 1980 г.

1977 г. – открытие архебактерий К. Воезе (Вузом) и его последователями.

1978 г. – опубликована книга российского ботаника А.Л. Тахтаджяна «Флористические области Земли».

1970-1980-е гг. – разработка теории эндосимбиоза Л. Марголис и ее последователями. Идеи эндосимбиотического происхождения эукариотической клетки были высказаны в начале XX в. русским биологом К.С. Мережковским (1855-1921).

1986 г. – первые полные секвенирования (определение последовательностей) хлоропластной ДНК у вида *Nicotiana* и мха – *Marchantia* М. Сушура с сотрудниками и К. Охаяма с сотрудниками.

1993 г. – Мартой Чейз с сотрудниками составлена кладограмма покрытосеменных на основе ДНК-последовательностей хлоропластного гена.

1995-2000 гг. – полная расшифровка генома ряда бактерий и дрожжей.

1999 г. – на основе изучения последовательностей хлоропластной ДНК, высказано предположение, что древнейшей линией развития покрытосеменных является монотипное семейство *Amborellaceae* (Нов. Каледония).

2001 г. – создание так называемого «золотого риса» путем генетической трансформации. В эндосперм введены каротиноиды (провитамины витамина А).

2008 г. – норвежскими учеными создан Международный арктический генбанк («Ноев ковчег-2») по сохранению генетических ресурсов растений на острове Свальбард архипелага Шпицберген.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Ботаника и агрономия	4
1.1. Происхождение и развитие растений	5
1.2. Значение растений в природе и жизни человека	8
1.3. Центры происхождения культурных растений	12
1.4. Краткая история зарождения ботаники	15
1.5. Оформление современной ботаники как системы наук, клеточная и эволюционная теории	18
1.6. Ботаника XXI в.	22
Глава 2. Разделы ботаники	26
2.1. Цитология, методы исследования клетки	30
2.2. Морфология растений	35
2.3. Гистология	40
2.4. Систематика растений	45
Глава 3. История развития физиологии растений и учения о питании растений, формирование агрохимии как науки	49
3.1. Место физиологии растений в системе биологических дисциплин. Основные направления современной физиологии растений	49
3.2. История развития о питании растений и формировании агрохимии как науки	54
3.3. Зарождение учения о питании растений, плодородии почв и удобрении земель	58
3.4. Роль русских ученых в развитии учения о питании растений	63
Глава 4. Основные этапы истории развития агрометеорологии	103
4.1. Методы агрометеорологических исследований	108
4.2. Использование биологических законов земледелия и растениеводства в агрометеорологии	110
Библиографический список	112
Приложение 1. Основные этапы развития растительности	113
Приложение 2. История ботаники в датах	114

Охраняется законом об авторском праве. Воспроизведение всего пособия или любой ее части, а также реализация тиража запрещается без письменного разрешения автора. Любые попытки нарушения закона будут преследоваться в судебном порядке

ДЕМИНА М.И., СОЛОВЬЕВ А.В., ЧЕЧЕТКИНА Н.В.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БОТАНИЧЕСКИХ НАУК

Учебное пособие

Редактор *М.Ю.Молчанова*

Подписано в печать 18.01.2013

Формат 60x84 1/16

Отпечатано на ризографе

Печ. л. 8,25 Уч.-изд. л. 7,62

Тираж 200 экз.

Заказ

Издательство ФГБОУ ВПО РГАЗУ
143900, Балашиха 8 Московской области