

УДК 581.1:631.588

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

(по результатам 30-летней работы кафедры физиологии
растений и лаборатории искусственного климата ТСХА)

В. М. ЛЕМАН, Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ

Исследование физиологических процессов растений приобретает все большее значение как в области фундаментальных биологических наук, так и в сельскохозяйственном производстве. Опыт последних десятилетий определенно показал, что для получения достоверных и воспроизводимых экспериментальных результатов нельзя ограничиться исследованиями только на поле и в вегетационных домиках. Изучение уровня и динамики физиологических процессов в растительном организме необходимо проводить в контролируемых условиях, создаваемых в разного вида фитотронах, число которых непрерывно увеличивается [30, 31, 32]. Новые технические решения и современное оборудование этих инженерно-биологических сооружений позволяют обеспечить выполнение обширной программы исследований растений на современном научном уровне.

Лаборатория искусственного климата, построенная в Тимирязевской академии в 1946—1949 гг., была в то время первым в Советском Союзе подобного рода сооружением — прототипом современных фитотронов [15]. Она служит экспериментальной базой кафедры физиологии растений, заведующий которой осуществляет руководство научно-исследовательской работой лаборатории. С 1950 по 1976 г. научным руководителем был профессор И. И. Гунар, а с 1976 г. по настоящее время — профессор Н. Н. Третьяков. До 1966 г. заведовал лабораторией профессор П. С. Беликов, а с 1966 г. — профессор В. М. Леман.

Сотрудники кафедры и лаборатории ведут научно-исследовательскую и учебно-методическую работу, а также осуществляют внедрение полученных результатов в практику сельскохозяйственного производства.

Главное направление научных работ с момента основания лаборатории (1950—1955 гг.) — разработка теоретических вопросов управления обменом веществ, ростом и развитием растений с помощью контролируемых изменений света, тепла, влаги, питания и применения веществ высокой физиологической активности. Отдельными вопросами занималась группа сотрудников кафедры и лаборатории — Я. М. Геллерман, А. А. Гуревич, В. Г. Земский, М. И. Калининевич, Е. Е. Крастина, В. М. Леман, М. В. Моторина, А. Е. Петров-Спиридонов, В. В. Рачинский, Н. И. Якушкина и др.

Большинство исследований проводились в соответствии со сформулированными профессором И. И. Гунаром положениями о целостности растительного организма, корреляции физиологических процессов в растениях, координации процессов в органах растений, соотношении внешнего и внутреннего в обмене веществ, росте и развитии, по следующим проблемам: «Целостность и раздражимость растительного организма» (1956—1960); «Динамика основных физиологических процес-

сов у растений с учетом раздражимости и целостности растительного организма» (1961—1965); «Регуляторная система растений» (1966—1970); «Физиологические элементы регуляторной системы растений» (1971—1975); «Условия и методы выращивания высокопродуктивных растений в регулируемых условиях и показатели физиологического состояния устойчивости растений» (1976—1980).

В результате изучения регуляторной системы и определения принципов ее функционирования (покой — возбуждение — рефрактерный период — покой и т. д.) были выявлены регуляторная роль ионов питательных солей, ритмов фотосинтеза, закономерности поглощения и выделения воды и растворенных в ней веществ, а также закономерности других физиологических процессов.

Многолетние исследования четко показали, что раздражимость и деятельность регуляторной системы тесно связаны с электрическими явлениями у растений. К началу проведения данных работ электрическая активность и ее функциональная роль в растительной клетке были изучены еще недостаточно полно. Вопрос о природе и функциональной роли биопотенциалов покоя и распространяющегося импульса (тока действия) оставался открытым. Большинство исследователей считали, что нет принципиальной разницы в передаче тока действия растительными и животными клетками. Однако рядом авторов, в том числе и сотрудниками кафедры и лаборатории, наряду с общностью механизмов передачи электрического возбуждения были установлены специфические особенности в генерировании и передаче возбуждения у растений, а именно: в растительных клетках основной парой ионов, ответственных за генерацию потенциалов действия, являются ионы калия и кальция, в животных — калия и натрия. Специфичность проведения электрического возбуждения у растений обусловлена также значительным влиянием водно-ионных потоков на параметры потенциалов действия.

Основные итоги исследований кафедры и лаборатории по электрофизиологии сводятся к следующему:

1. Выявлена общность биоэлектрических реакций у так называемых чувствительных растений (мимоза, мхоловка) и обычных (подсолнечник, тыква, фасоль и т. д.), т. е. сделан вывод о способности всех растений воспринимать и проводить возбуждение.

2. Найдена генотипическая и функциональная специфичность биоэлектрических реакций у растений. Потенциалы действия у мимозы, тыквы, подсолнечника, пшеницы отличаются по параметрам, прежде всего по скорости распространения возбуждения. У мимозы скорость распространения потенциалов действия 2—5 см/с, тыквы — 1—2, подсолнечника — 0,3, у фасоли — 0,2 см/с.

3. Показана роль распространяющегося биоэлектрического возбуждения в координации физиологических процессов. Раздражение корня вызывает распространяющуюся волну возбуждения и изменение газообмена листа.

4. Установлено, что ответная биоэлектрическая реакция растений является индикатором действия гербицидов, засоления, избытка и недостатка воды, патогенеза.

5. Использован электрофизиологический метод определения активности ионов и электропотенциалов в клетках устьичного комплекса при различном функциональном состоянии замыкающих клеток листа.

6. Показано, что устойчивость растений к повреждающим воздействиям — это генетический признак. Порог возбуждения и повреждения генетически различных клеток неодинаков. Установлена принципиальная возможность использования биоэлектрических реакций для оценки морозо-, жаро- и солеустойчивости [8—14].

Необходимо отметить, что проблема «Физиологические элементы регуляторной системы растений», выдвинутая в начале 50-х годов И. И. Гунаром, в настоящее время является одной из основных в современной физиологии растений. Это направление успешно развивается благодаря многочисленным экспериментальным исследованиям в научных учреждениях СССР и других стран.

В лаборатории проводились исследования по физиологии и биохимии озимых и яровых растений. Е. Е. Крастиной были установлены отсутствие резких качественных изменений в основном обмене веществ растений при прохождении ими последовательных этапов онтогенеза [22]; наличие реакции на длину дня у неярковизированных озимых растений; зависимость скорости ярковизации озимых от их возраста, длины дня. Полученные результаты сыграли положительную роль в формировании современных представлений об онтогенезе растений, согласно которым явления ярковизации и фотопериодизма рассматриваются как экологические приспособления отдельных групп растений к сезонным изменениям среды. В дальнейшем в связи с разработкой коллективом лаборатории проблемы саморегуляции растений Е. Е. Крастина исследовала ритмичность физиологических и биохимических процессов у растений. Наиболее полно изучены эндогенные суточные ритмы (циркадные), которые отражают способность организмов к биологическому измерению времени и поэтому используются для определения свойств и механизма биологических часов. В этих исследованиях был получен ряд новых данных о распространении циркадных ритмов у растений, о способах их выявления в константных условиях среды; о факторах, способствующих поддержанию или затуханию таких ритмов; о пределах затягивания циркадных ритмов свето-темновыми режимами и, в конечном счете, о роли циркадных ритмов в жизнедеятельности растений. На основании полученных материалов были выдвинуты новые теоретические положения о природе компенсационных процессов, обеспечивающих относительное постоянство длины периода циркадных ритмов в разных условиях выращивания растений, т. е. обеспечивающих «точность» биологических часов, а также о свойствах и механизме самих биологических часов. Было установлено наличие у растений ритмов с очень коротким (до 1 ч) и коротким (2—3 ч) периодами. Среди последних наибольший интерес представляют ритмы поглощения и выделения ионов минеральных солей корнями, так как наличие ритмичности в этих процессах учитывается при разработке теории поглощения ионов. Исследования суточных ритмов основных физиологических процессов у главнейших сельскохозяйственных культур, выполненные Е. Е. Крастиной, показали полную возможность управления этими ритмами, что подтверждается проводимыми в настоящее время многочисленными экспериментами в области «биологических часов» [23—25].

В условиях искусственного освещения и беспочвенной культуры Е. Е. Крастиной изучалось также влияние длины фотопериода и уровня минерального питания на семенную продуктивность яровой пшеницы и ячменя. Ею показано, что при относительно невысоких интенсивностях искусственного освещения яровые пшеницы отрицательно реагируют на избыточное минеральное питание и положительно — на увеличение длины фотопериода до 16—20 ч. Ячмень по сравнению с яровой пшеницей имеет повышенную потребность в минеральном питании и еще более отзывчив на увеличение длины фотопериода (оптимальный фотопериод не менее 20 ч). Установлено также, что сокращение длины фотопериода до 12 ч вызывает ряд нарушений в развитии генеративных органов ячменя, приводящих к отмиранию главного и части боковых побегов; в условиях избыточного минерального питания такие же явления частично обнаруживаются при фотопериоде 16 ч [26—28].

В процессе изучения регуляторной системы растений А. Е. Петровым-Спирidonовым была установлена функциональная роль катионов и прежде всего калия и кальция при различных условиях освещенности, температуре, солевом составе питательного субстрата, виде и возрасте растений. Основные результаты этих исследований следующие: поглощение элементов минерального питания, устойчивость растений к повреждающим факторам среды, направленность и скорость физиологических и биохимических процессов зависят от значения отношения калия к кальцию в тканях органов растений. Протекторная функция кальция является его специфическим свойством; другие двухвалентные катионы, в частности магний и стронций, не адекватны ему в этом плане. Получены новые данные о соединениях кальция в растении, его подвижности, условиях транспорта и его размеров и в итоге постулирован механизм, регулирующий динамическое равновесие между калием разных фракций или его соединений [41—45].

Результаты исследований о роли ионов калия и кальция в процессах жизнедеятельности растений часто используются для создания оптимальных питательных сред при гидропонном способе выращивания растений, а также при расчете норм удобрений. При проведении исследований в условиях гидропоники встал вопрос о влиянии некоторых свойств субстратов на изменение планируемого режима питания подопытных растений.

Большой интерес представляет работа по изучению внутренних факторов, регулирующих нагнетание воды корнями растений (Л. В. Можаяева и Н. В. Пильщикова). По современным представлениям этому процессу принадлежит существенная роль в регулировании степени открытости устьиц и водного обмена, которые, в свою очередь, влияют на ход фотосинтеза и, следовательно, на продуктивность растений. В противоположность распространенному мнению об осмотическом механизме корневого давления исследователи на основании экспериментальных данных пришли к заключению о неосмотической природе нагнетания воды корнями. Показано, что уровень процесса зависит от количества энергии, освобождающейся при окислении сахаров в ходе дыхания, и определяется биохимической активностью митохондрий, поставляющей энергию для поддержания функциональной активности корня. Выявлена способность клеток поглощающей зоны корня к обратимому сокращению и расслаблению. Предполагается, что в этом процессе участвуют сократительные белки типа актомиозина мышц. Высказана гипотеза о механизме корневого давления. Согласно этой гипотезе основу его составляет периодическое активное сокращение клеток корня, в результате которого происходит выталкивание воды в сосуды ксилемы [36—39].

Проблема регуляции фотосинтеза высших растений изучалась в лаборатории с использованием новых методических подходов П. С. Беликовым и М. В. Моториной в трех аспектах: эволюционном, онтогенетическом и физиологическом [2, 3, 4]. В результате исследования скорости фотосинтеза как функции времени были сформулированы (на примере пшеницы) положения об относительном постоянстве и независимости фотосинтетического аппарата от филогенеза и онтогенетического состояния растений, следствием чего явилось утверждение, что реальная возможность регулирования продуктивности растений в посевах связана главным образом с изменением размеров ассимиляционной поверхности. Были обнаружены видовые и даже сортовые различия интенсивности фотосинтеза в крайних условиях, определяемые различиями в общей устойчивости растений. Изменчивость этого показателя свидетельствует о возможности отбора высокопродуктивных растений.

При сохранении уровня напряженности факторов внешней среды интенсивность фотосинтеза также довольно постоянна, однако в суточ-

ном его ходе было установлено наличие эндогенной ритмичности, что выражается в чередовании периодов более высокой и более низкой активности, сохраняющемся после прекращения чередования свето-темновых циклов в течение двух суток при постоянных условиях среды. В опытах с непрерывной регистрацией фотосинтеза при внезапных изменениях факторов внешней среды, в частности, температуры листа, температуры или осмотического давления в зоне корней, зарегистрирована крайне высокая чувствительность фотосинтетической функции. Было обнаружено явление неспецифической кратковременной активации фотосинтеза в ответ на различного рода воздействия на корни. Вскрыта природа неспецифичности ответной кратковременной активации, ближайшей причиной которой, как было показано прямыми измерениями, является замедление скорости водного тока по сосудам ксилемы и сдвиг обмена в листе в сторону обезвоживания.

Под руководством П. С. Беликова изучалась также проблема ответной реакции растений на повреждающее воздействие (Т. В. Кириллова) [5, 6]. Реакция растительного организма прослеживалась во времени при непрерывном действии повреждающего фактора. Так, при термическом воздействии были получены кривые временного хода выделения аминокислот, сахаров, органических кислот и катионов, вязкости и движения цитоплазмы, а также содержания некоторых промежуточных продуктов. Установлено, что уровень всех этих показателей изменяется двухфазно. Отдельные характеристики временного хода (число волн, время наступления, высота и продолжительность первой волны) были затем использованы для определения устойчивости растений к высокой температуре.

В процессе исследования взаимосвязи фотосинтеза и транспирации (М. В. Моторина) [40] было выявлено, что транспирационное отношение при выращивании в искусственных условиях зависит от сочетания факторов внешней среды: оно увеличивается с уменьшением освещенности и снижением влажности воздуха. Во временном ходе ответных реакций при внезапных воздействиях на корни наблюдается сначала параллельная активация обоих процессов, а в дальнейшем расхождение кривых поглощения CO_2 и выделения паров воды. Выдвинуто предположение о постепенном включении различных механизмов регуляции газообмена: на первых его стадиях ведущим, по-видимому, является диффузионный фактор, связанный с устьицами, на последующих — включается регуляция на уровне изменения внутреннего сопротивления. Было обнаружено, что структура хлоропластов различается в зависимости от скорости потери воды при одинаковом состоянии фотосинтеза. Следовательно, быстрые и медленные воздействия определяют динамику и функции, и структуры. В результате изучения мутантов мягкой пшеницы с измененной под влиянием химических воздействий наследственностью было подтверждено выдвинутое ранее положение о проявлении генотипических различий в фотосинтетическом аппарате растений в экстремальных условиях. Различия между мутантами и исходным сортом по содержанию пигментов хлоропластов и общей ассимиляционной поверхности проявлялись в полевых условиях в годы с высокой инсоляцией и недостаточным водоснабжением и нивелировались в благоприятные годы в поле и при выращивании в лаборатории.

Исследования ярусной изменчивости физиологических свойств листьев у растений, различающихся по характеру взаимоотношений между ростом и генеративным развитием и по топографии органов размножения (яровая пшеница, кукуруза, подсолнечник, топинамбур, кормовые бобы и фасоль), показали, что она неодинакова у изученных растений (В. Г. Земский, Т. В. Карнаухова и др.) [19, 20, 21]. Различия обусловлены главным образом развитием и расположением репродуктивных органов на оси побега, а в случае топинамбура еще и влия-

нием процесса клубнеобразования. Только у пшеницы ярусные изменения свойств листьев укладываются в закономерность Заленского. У других объектов они имеют более сложный характер.

Что касается возрастных изменений физиологических свойств отдельных листьев, то они не являются простым отражением их постепенного старения. Здесь отмечается более сложное физиологическое явление, обусловленное, кроме собственного возраста листа, и функциональной ролью его. Показано, что листья, расположенные в зоне соцветия, формируются и функционируют в условиях затрудненного водного режима. Следовательно, напряженный водный режим листьев при определенных условиях может быть фактором, от которого зависит их функциональная активность.

В целом пространственную изменчивость физиологических свойств листьев надо рассматривать как процесс, отражающий в себе последовательную смену коррелятивных отношений, которые возникают между отдельными органами в каждый конкретный момент онтогенеза растений.

В лаборатории искусственного климата с момента ее открытия ведутся систематические и фундаментальные исследования (одни из первых в стране) в области светокультуры растений. В процессе этих работ (В. М. Леман, О. С. Фанталов) [29—32] было установлено, что растения, выращенные под газоразрядными лампами, практически не отличаются (по размеру, форме, окраске, фотосинтезу и др.) от выращиваемых при естественном свете. Так, ткани их листьев хорошо дифференцированы, а клетки расположены очень плотно. В таких листьях меньше воздушных полостей и просветов, они богаты пигментами. Все это определяет большую оптическую плотность листьев, благодаря которой коэффициент поглощения фотосинтетически активной радиации (ФАР) значительно выше (до 14 %), чем в естественных условиях летом (1—3 %). Последнее обеспечивает достаточно стабильную и высокую (20—40 мг СО₂ на 1 дм²·ч) интенсивность фотосинтеза, а тем самым значительное накопление органического вещества.

Испытание метода переменного освещения растений (10 и 0,1 клк) показало, что применение его позволяет намного увеличить коэффициент полезного действия искусственного облучения. В целях интенсификации светокультуры растений впервые (1961) были предложены ксеноновые лампы. Установлено, что под этими («солнечными») лампами можно выращивать в камерах без естественного света любые сельскохозяйственные растения (пшеницу, кукурузу, томаты и др.), по размерам и урожаю не уступающие выращиваемым летом в поле. Использование этих ламп в дальнейшем позволило также решить ряд теоретических и методических вопросов (действие ближней ИК радиации, влияние геометрии облучения и др.).

Показана возможность успешного применения металлогалоидных ламп (НЛВД, ДРИ/Т, ДМ-3-300, ДРОТ-2000 и др.) в фитотронах, селекционных центрах при выращивании злаков и овощей.

Были разработаны методы ослабления отрицательного действия ближнего инфракрасного излучения путем применения теплофильтров, специального мульчирования и добавления коротковолнового излучения.

На основании исследований действия излучения разного спектрального состава (1971) было выдвинуто положение о возможности некоторого расширения активной зоны ФАР (с 400—700 до 300—1000 нм).

В 1975—1978 гг. установлено, что, помимо интенсивности, спектрального состава и продолжительности облучения, на растения очень сильно влияет пространственная структура лучистых потоков, которая может действовать как регулятор физиологических процессов [33, 34]. Искусственно созданная многосторонняя направленность (объемность)

облучения может способствовать компенсации малой (по сравнению с естественной летней) интенсивности освещения. При многостороннем облучении у однодольных растений (пшеница) увеличиваются число продуктивных стеблей и соответственно урожай семян; у двудольных (томаты, огурцы, фасоль и др.) изменяется формирование осевых органов.

Совместно со Всесоюзным светотехническим институтом (ВНИСИ) в лаборатории была создана и опробована модель облучательной установки (ОУ) с плоским световодом, обеспечивающим равномерное объемное облучение растений без перегрева при любой его интенсивности. Под ОУ с плоским световодом значительно уменьшается затрата электроэнергии на единицу продукции, а также снижается трудоемкость агротехнического ухода и использования сельскохозяйственных орудий. В 1980 г. производственное объединение «Ватра» (г. Тернополь) изготовило 40 ОУ установочной серии для проведения дальнейших исследований и испытаний в производственных условиях.

Поскольку возможны случаи аварийного отключения электричества, важно знать, как реагируют растения на длительную темноту и что надо предпринять, чтобы, с одной стороны, повысить их никтиностойкость, с другой — способствовать процессам регенерации. Изучение этих вопросов показало, что при отсутствии света в течение 5—10 сут снижается содержание нуклеиновых кислот в растениях, уменьшается число ядер клеток, прекращаются митозы, а надземные органы теряют много воды. В листьях отмечается уменьшение поглощения света за счет частичного распада пигментов, снижение функциональной активности хлоропластов, а также деструкция и деградация проламельлярных тел. Наблюдаются некроз тканей, побурение и ослизнение корней. Было установлено, что степень повреждения снижается при падении температуры воздуха, уменьшении в питательной среде содержания азота и увеличении содержания фосфора. Большое влияние на растение имеет режим освещения в пред- и послетемновой периоды. Благоприятно действует более высокая интенсивность освещения и наличие длинноволновых лучей [7, 31, 52].

В связи с большим вниманием, проявляемым к карликовым и короткостебельным пшеницам селекционерами и растениеводами, в лаборатории многие исследования проводятся на яровой карликовой пшенице Канада СВ-151. Источником искусственного облучения взяты ртутные лампы высокого давления марок ДРЛФ-400, НР1/Т-400, ксеноновые лампы и лампы накаливания ЗН-8. Установлен оптимальный режим облучения для выращивания пшеницы до сбора урожая зерна целиком при искусственном освещении на опытных станциях и в селекционных центрах на больших площадях. Показано, например, что карликовая пшеница более требовательна к длинноволновому излучению, чем овощные растения [35].

В лаборатории разработаны рекомендации для производственного защищенного грунта и фитотронов по источникам и способам облучения, с наименьшими энергетическими затратами, что является определенным вкладом в решение проблемы оптимизации светокультуры.

Разработанные лабораторией рекомендации по светокультуре растений способствовали тому, что она стала новым высокоэффективным агрономическим приемом, позволившим значительно интенсифицировать производство в закрытом грунте. Дополнительное облучение овощной рассады дает возможность получать первые плоды на 20—25 дней раньше, повысить общий урожай овощей за сезон на 20—25 % и снизить их себестоимость на 15—20 %. В фитотронах и селекцентрах светокультура обеспечивает получение от 3 до 6 поколений в год [32].

В ряде работ проведенных в лаборатории, исследовалось влияние температурного фактора на рост и развитие растений. В одной из них

(Н. И. Якушкина) [53] была установлена определенная зависимость образования и передвижения органических веществ от температуры воздуха в разные часы суток. С помощью метода меченых атомов впервые удалось показать влияние температуры воздуха на поступление в растение различных химических элементов (В. В. Рачинский) [46, 47]. Длительное время (1950—1970) изучалось влияние суточного изменения температурного режима в зоне корней на рост и плодоношение томатов (Я. М. Гелерман) [17, 18]. Эти эксперименты проводились с использованием специальных термопериодических установок, созданных О. С. Фанталовым.

В последние годы значительное развитие получили физиологические исследования сотрудников кафедры и лаборатории, проводимые в полевых условиях (в ряде совхозов Московской, Черниговской, Андиганской областей, в Приморском крае). В плане разработки научных основ получения программированных урожаев кормовых культур определены оптимальные значения площади листовой поверхности, ФСП посевов, ЧПФ, размеры водопотребления, вынос элементов минерального питания при формировании урожаев кукурузы на уровне 800—1400 ц зеленой массы и 80—120 ц зерна с 1 га, корнеплодов свеклы кормовой — 800—1400, зеленой массы многолетних трав — 500—600, зерна озимой пшеницы — 45—50 ц/га (Н. Н. Третьяков, В. Н. Осипов, С. А. Ишутин, М. Турдиев, Г. М. Комашко, Ю. С. Луговичин) [48—51].

Исследовалось влияние содержания одно- и двухвалентных катионов в питательной среде на поглощение кукурузой иона нитрата и влияние температуры корнеобитаемой среды на поглощение аммиачной и нитратной форм азота кукурузой (Н. Н. Третьяков, М. Н. Кондратьев, Е. Г. Химица, О. Н. Аладина) и томатами (Е. Е. Крастина, М. Н. Кондратьев, С. М. Родригес), на формирование белкового комплекса зерна ячменя при разных уровнях обеспеченности его азотом (Н. Н. Третьяков, М. Н. Кондратьев, М. Ф. Костюкович). При изучении проблемы полегания злаков проведено испытание ретардантов на разных фонах минерального питания (Н. Н. Третьяков, А. Ф. Яковлев).

Совместно с кафедрой растениеводства исследовалась связь фотосинтетической и симбиотической деятельности бобовых растений (М. В. Моторина, Е. И. Кошкин). Совместно с кафедрой селекции и генетики полевых культур изучалось влияние выпада отдельных вегетативных органов на формирование белкового комплекса зерновки у трех сортов яровой пшеницы (М. Н. Кондратьев, Ю. Б. Коновалов).

Лаборатория искусственного климата ТСХА является научной базой для проведения исследований не только сотрудниками кафедры физиологии растений, но и сотрудниками ряда других кафедр агрономического, плодовоовощного, агрохимического факультетов, а также студентами. За 30 лет здесь было подготовлено около 50 кандидатских диссертаций, а сотрудниками лаборатории защищено 7 докторских диссертаций и опубликовано около 500 научных трудов.

В лаборатории в процессе исследований были разработаны и применены методы хроматографии и радиохроматографии, полярографии, пламенной фотометрии, определения газообмена у растений с помощью отечественных газоанализаторов, регистрации транспирации и др.

В одиннадцатой пятилетке в связи с быстрым ростом площадей защищенного грунта и актуальностью проблемы программирования высокой урожайности в открытом грунте планируются разработка оптимальных режимов выращивания растений и изучение физиологической реакции растений на интенсивные условия выращивания, возможности повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды (недостатку и избытку минеральных элементов питания, недостатку и избытку влаги, недостатку лучистой энергии и др.).

Все это требует обновления методик и аппаратуры. Поэтому на ближайшие годы намечены полная реконструкция здания лаборатории и модернизация фитотронических режимов.

В заключение можно сказать, что за 30 лет своего существования лаборатория сыграла определенную роль в развитии современных фундаментальных представлений в области физиологии растений и фитотроники, а также сделала заметный вклад в развитие промышленной светокультуры растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беликов П. С. Образование и накопление каучука у кок-сагыза. Автореф. докт. дис. М., 1954. — 2. Беликов П. С., Моторина М. В. Зависимость фотосинтеза от внутренних и внешних условий (итоги и перспективы исследований). — Докл. ТСХА, 1968, вып. 139, с. 273—286. — 3. Беликов П. С., Моторина М. В. О суточных ритмах фотосинтеза. М.: Изд-во АН СССР, 1957, с. 83. — 4. Беликов П. С., Моторина М. В., Куркова Е. Б. Интенсивность фотосинтеза у различных видов рода *Triticum*. — Изв. ТСХА, 1961, вып. 5, с. 44—54. — 5. Беликов П. С., Кириллова Т. В. Интенсивность выделения веществ как показатель функционального состояния клетки. — Изв. ТСХА, 1958, вып. 2, с. 21—39. — 6. Беликов П. С., Кириллова Т. В. Динамика выделения некоторых веществ из колеоптилей ячменя при тепловом воздействии. — Изв. ТСХА, 1962, вып. 6, с. 61—68. — 7. Власова О. П., Леман В. М. О влиянии длительности темноты на ультраструктуру хлоропластов. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 2, с. 7—10. — 8. Гунар И. И. Проблема раздражимости растений и ее значение для дальнейшего развития физиологии растений. — Изв. ТСХА, 1953, вып. 2, с. 3—26. — 9. Гунар И. И. Регуляторная система растений. — Тез. докл. Всесоюз. конфер. «Применение кибернетики в растениеводстве». Л., 1964. — 10. Гунар И. И., Синюхин А. М. Электрофизиологическая характеристика раздражимости растений. — Изв. ТСХА, 1959, вып. 4, с. 7—22. — 11. Гунар И. И., Паничкин Л. А. О передаче электрического возбуждения у растений. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 5, с. 3—9. — 12. Гунар И. И., Паничкин Л. А., Маслов А. П. Ответная биоэлектрическая реакция проростков как показатель сортовых отличий озимой пшеницы. — Докл. АН СССР, 1970, т. 195, № 5. — 13. Гунар И. И., Паничкин Л. А., Маслов А. П. Оценка морозостойкости и жаростойкости растений по ответным биоэлектрическим реакциям. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 5, с. 3—7. — 14. Гунар И. И., Крастина Е. Е., Петров-Спирidonov А. Е. Ритмичность поглощающей и выделительной деятельности корней. — Изв. ТСХА, 1957, вып. 4, с. 181—206. — 15. Гунар И. И., Фанталов О. С. Лаборатория искусственного климата ТСХА. — Изв. ТСХА, 1965, вып. 4, с. 220—239. — 16. Гуревич А. А. Исследование биохимического переноса водо-
- рода в растениях в связи с дыханием и фотосинтезом. — Автореф. докт. дис. М., 1952. — 17. Геллерман Я. М., Юрцев В. Н., Галкина П. Т. О температурной чувствительности апикальной меристемы корней проростков кукурузы. — Докл. ТСХА, 1961, вып. 70, с. 83—92. — 18. Геллерман Я. М., Литвиненко Л. А., Князев А. Н. Стимуляция роста томатов периодическими воздействиями сублетальной температурой на корни. — Изв. ТСХА, 1963, вып. 1, с. 38—49. — 19. Земский В. Г., Мутинский Я., Власова О. Н. Возрастные и ярусные изменения водного режима листьев кукурузы. — Докл. ТСХА, 1961, вып. 70. — 20. Земский В. Г. О ярусной изменчивости листьев у пшеницы. — Изв. ТСХА, 1967, вып. 3, с. 36—50. — 21. Земский В. Г., Карнаухова Т. В., Паничкин Л. А. Проницаемость и электропроводность листьев разных ярусов фасоли при подвядании. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 6, с. 8—13. — 22. Крастина Е. Е. Влияние уровня фосфорного питания на развитие и обмен веществ яровой пшеницы. — Изв. ТСХА, 1953, вып. 2, с. 3—26. — 23. Крастина Е. Е. Ритмичность физиологических процессов у растений. — Автореф. докт. дис. М., 1965. — 24. Крастина Е. Е. Биологические часы (основные понятия и терминология). — Изв. ТСХА, 1966, вып. 3, с. 3—16. — 25. Крастина Е. Е. Градиенты концентрации калия, кальция и магния по вертикальной оси побега разных растений. — Изв. ТСХА, 1973, вып. 2, с. 3—11. — 26. Крастина Е. Е. Влияние длины дня на скорость развития и продуктивность яровой пшеницы в условиях искусственного освещения и постоянной температуры. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 1, с. 12—19. — 27. Крастина Е. Е. Реакция яровой пшеницы на концентрацию питательного раствора в условиях светокультуры. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 4, с. 3—10. — 28. Крастина Е. Е. Реакция ячменя на длину фотопериода в условиях светокультуры. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 4, с. 3—10. — 29. Леман В. М. Выращивание растений при искусственном освещении. — Автореф. докт. дис. М., 1965. — 30. Леман В. М. Культура растений при электрическом свете. М.: Колос, 1971. — 31. Леман В. М. Курс светокультуры растений. М.: Высшая школа, 1976. 32. Леман В. М. Современная светокультура сельскохозяйственных растений в СССР. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 6, с. 71—86. — 33. Леман В. М., Фанталов О. С., Власова

- ва О. П. Роль пространственной структуры светового поля в формировании урожая яровой пшеницы. — Селекция и семеноводство, 1975, № 4, с. 20—22. — 34. Леман В. М., Третьяков Н. Н., Фанталов О. С., Власова О. П., Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б., Пятигорский В. М. О росте растений в камере с плоским световодом. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 5, с. 3—10. — 35. Леман В. М., Крастина Е. Е., Моторина М. В., Фанталов О. С. Продуктивность яровой пшеницы при различных источниках освещения. — Проблемы светокультуры растений. Тез. Симферополь, 1980. — 36. Можаяева Л. В., Пильщикова Н. В. О природе процесса нагнетания воды корнями растений. — Изв. ТСХА, 1972, вып. 3, с. 3—15. — 37. Можаяева Л. В., Пильщикова Н. В. Об активном нагнетании воды корнями. — В сб.: Водный режим растений в связи с разными экологическими условиями. Изд. КГУ, 1978, с. 225—230. — 38. Можаяева Л. В., Пильщикова Н. В., Кузина В. И. Изучение природы движущей силы плача растений с использованием химических воздействий. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 1, с. 3—9. — 39. Можаяева Л. В., Пильщикова Н. В. О движущей силе плача растений. — Физиол. растений, 1979, т. 26, вып. 5, с. 994—999. — 40. Моторина М. В., Карманов В. Г., Беликов П. С. Сопряженность видимого фотосинтеза с движением воды по растению. — Докл. ТСХА, 1965, вып. 115, с. 171—176. — 41. Петров-Спиридонов А. Е. Функциональная роль ионов калия и кальция в процессах жизнедеятельности растений. — Автореф. докт. дис. М., 1970. — 42. Петров-Спиридонов А. Е. Исследование зависимости роста растений от концентрации элементов питания. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 4, с. 8—17. — 43. Петров-Спиридонов А. Е. Хон Чер Су. Рост надземных органов растений и распределение в них катионов в зависимости от концентрации калия и магния в среде. — Изв. ТСХА, 1973, вып. 4, с. 3—9. — 44. Петров-Спиридонов А. Е. Изменение катионного состава органов растений при варьировании концентрации К, Са, Mg и Na в среде. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 1, с. 12—17. — 45. Петров-Спиридонов А. Е., Салти С. Влияние влагообеспеченности, форм азотного питания и концентрации питательного раствора на рост и продуктивность яровой пшеницы. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 2, с. 3—9. — 46. Рачинский В. В., Кравцова Б. Е. Исследование поступления минеральных элементов в растения яровой пшеницы в зависимости от интенсивности света и температуры. — Рефер. докл. ТСХА, 1954, вып. XX. — 47. Рачинский В. В. Исследования в области методов хроматографии и радиоактивных индикаторов в применении их в сельском хозяйстве. — Автореф. докт. дис. М., 1957. — 48. Третьяков Н. Н., Осипов В. Н., Гусев Г. С., Кречун Г. Ф. Урожай и качество зеленой массы кукурузы при внесении расчетных доз разных видов удобрений. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 3, с. 19—29. — 49. Третьяков Н. Н., Гусев Г. С., Осипова Е. Ф. Изменение свойств почвы и урожайности озимой пшеницы и ячменя при удобрении жидким навозом. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 3, с. 34—42. — 50. Третьяков Н. Н., Силютин Ю. И., Немеджанова Н. К. Влияние непрерывного освещения на рост, развитие, продуктивность клевера красного, выращиваемого многоукосным способом, и вынос им элементов корневого питания. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 5, с. 36—42. — 51. Третьяков Н. Н., Левкович Н. И., Осипов В. Н., Титов В. С. О приемах интенсификации кормопроизводства в совхозе «Вороново». — Кормопроизводство, 1980, вып. 8. — 52. Шманаева Т. Н. Влияние временного отсутствия света на рост и развитие рассады томатов. — Автореф. канд. дис. М., 1970. — 53. Якушкина Н. И. Физиологическая природа действия ауксинов и передвижение органических веществ в растениях. — Автореф. докт. дис. М., 1958.

Статья поступила 4 сентября 1980 г.