

УДК 581.1

150 ЛЕТ РАЗВИТИЯ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ РАСТЕНИЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Магомедов И.М.

ООО «Амарант-Про», Санкт-Петербург, e-mail: Mim39@mail.ru

Физиология растений первоначально развивалась как один из разделов ботаники. В качестве самостоятельного университетского курса ее начали преподавать в Санкт-Петербургском университете в 1860/61 учебном году. Первым лектором был А.С. Фаминцын. Курс лекций, читаемый Фаминцыным, в 1863 г. был узаконен университетским уставом. К.А. Тимирязев по этому поводу писал: «Таким образом, в Петербургском университете изучение физиологии растений как самостоятельной дисциплины возникло не только ранее, чем в других русских университетах, но и ранее, чем где-либо на свете». Следовательно, 1867-й год является годом основания кафедры. А.С. Фаминцын изучал роль света в жизнедеятельности растений в энергетическом и информационном аспектах, открыл двойную природу лишайников. А.С. Фаминцын заведовал кафедрой анатомии и физиологии растений с 1867 по 1889 г. После его избрания академиком и перехода в академическую лабораторию кафедру принял проф. И.П. Бородин (1889-1893 гг.), работавший в области фотосинтеза и дыхания растений, а затем Д.И. Ивановский (1896-1901 гг.) – основатель современной вирусологии. Последующие преемники А.С. Фаминцына по заведованию кафедрой – профессор, затем академик В.И. Палладин (1901-1914 гг.) и академик, С.П. Костычев (1914-1931 гг.). Чл.- корр. С.Д. Львов руководил кафедрой физиологии растений Ленинградского государственного университета с 1931 по 1957 г. С.Д. Львова на посту заведующего кафедрой сменил ученик С.П. Костычева профессор С.В. Солдатенков (1957-1972 гг.), который создал школу по метаболизму органических кислот, принимающих участие в процессах брожения, дыхания и фотосинтеза. С 1972 г. кафедрой руководил профессор В.В. Полевой. Представлены результаты научно-исследовательской работы Отдела физиологии и биохимии растений при кафедре физиологии и биохимии растений.

Ключевые слова: физиология растений, Фаминцын А.С., Солдатенков С.В., Полевой В.В.

150 YEARS OF DEVELOPMENT OF PLANT PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY AT ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY

Magomedov I.M.

«Amarant» Ltd, Saint-Petersburg, e-mail: Mim39@mail.ru

Annotation: plant Physiology originally developed as one of the branches of botany. As an independent University course, she began to teach in St. Petersburg University in 1860/61 academic year. The first lecturer was A.S. Famintsyn. A course of lectures read Famintsyn in 1863 was legalized University Charter. K.A. Timiryazev on this occasion wrote: «Thus, in St. Petersburg University study of plant physiology as an independent discipline it appeared not only earlier than in other Russian universities, but also earlier than anywhere in the world». Therefore, 1867 is the year of Foundation of the Department. Famintsyn studied the role of light in the life of plants in the energy and information aspects, discovered the dual nature of lichens. He was head of the Department of plant anatomy and physiology From 1867 to 1889, after his election academician of the transition to the academic laboratory of the Department took prof. I. p. Borodin (1889-1893 years.), he worked in the field of photosynthesis and respiration of plants, and Then D. I. Ivanovsky (1896-1901 yy.) – the founder of modern Virology. Successors A.S. Famintsyn on the head at Department was Professor and later academician V. I. Palladium (1901 to 1914), the academician of S.P. Kostychev (1914-1931.). Member.- Corr. S. D. Lvov headed the Department of plant physiology Leningrad state University From 1931 to 1957. S.D. Lvov on the post head of the Department was replaced by a student S.P. Kostycheva Professor S.V. Soldatenkov (1957-1972), who established a school for the metabolism of organic acids taking participation in the processes of fermentation, respiration and photosynthesis. Since 1972 the Department was headed by Professor V.V. Polevoy. The results of the research work of the Department of physiology and biochemistry are presented plants at the Department of physiology and biochemistry of plants. The results of the development of research on plant physiology for 150 years at St. Petersburg University are presentated.

Keywords: Pant physiology, Famintsyn A.S., Soldatenkov S.V., Polevoy V.V.

В декабре 2017 г на кафедре физиологии и биохимии растений СПбГУ отметили 150-летие развития физиологии растений в Санкт-Петербургском государственном университете. В журнале *Biological Communications*, который посвящен этой дате, к сожалению, отсутствует полная информация об истории развития физиологии растений в университете [11]. С целью более полного представления о вкладе в физиологию растений научных исследований нескольких поколений коллективов кафедры,

считаю целесообразным включить в данную статью изданный ранее обзор бывшего руководителя кафедры физиологии и биохимии растений проф. Полевого В.В. [5].

«Физиология растений первоначально развивалась как один из разделов ботаники. В качестве самостоятельного университетского курса ее начали преподавать в Санкт-Петербургском университете в 1860/61 учебном году. Первым лектором был А.С. Фаминцын – ученик профессора Л.С. Ценковского. Курс лекций, читае-

мый Фаминцыным, в 1963 г. был узаконен университетским уставом [1, 6]. К.А. Тимирязев по этому поводу писал: «Таким образом, в Петербургском университете изучение физиологии растений как самостоятельной дисциплины возникло не только ранее, чем в других русских университетах, но и ранее, чем где-либо на свете» [9]. На естественном отделении физико-математического факультета Фаминцын читал также курс «Анатомия растений» (методы, строение и размножение растительных клеток, структура и развитие тканей, строение корня и листа) и спецкурс «Краткий очерк споровых растений». Кроме того, Фаминцын ввел в учебную программу практические занятия по физиологии и анатомии растений. Наряду с преподавательской работой Фаминцын стремился продолжить научные исследования, начатые им во время стажировки за границей. Но в Университете в 60-х годах это сделать было невозможно, так как Кабинет ботаники состоял из двух комнат – аудитории и комнаты для практических занятий. Поэтому у себя на квартире (В.О., Тучков пер., д. 1, кв. 14) Фаминцын выделил комнату под лабораторию, затемнил ее и начал там ставить опыты по действию света на проростки кресс-салата и на водоросли. «В этой темной комнате, – пишет И.П. Бородин, – проведены были первые вполне самостоятельные научные работы А.С. Фаминцына, и вместе с ними родилась на Руси экспериментальная физиология растений» [1].

В 1866 г. по материалам этих исследований Фаминцын защитил докторскую диссертацию «Действие света на водоросли и некоторые другие близкие к ним организмы». В следующем, 1867 г., он был избран экстраординарным профессором и назначен заведующим организованной им кафедры анатомии и физиологии растений. Таким образом, 1867-й год является годом основания кафедры [7,3, 8].

В 1866-1869 гг. А.Н Бекетов, возглавлявший кафедру ботаники, и А.С. Фаминцын при финансовой поддержке ботаника-миколога М.С. Воронина организуют на территории Университета строительство двух специализированных зданий для ботанических кафедр. В это время закладывается также и Ботанический сад. Ввод в эксплуатацию, как тогда говорили, Ботанического института создал солидную материальную базу для ботанических и физиологических исследований.

В 60-80-х годах в Университете работала блестящая плеяда русских ученых. Особенно дружеские отношения у А.С. Фаминцына сложились с М.С. Ворониным, А.

Н. Бекетовым, И.П. Бородиным, Д.И. Менделеевым и А.М. Бутлеровым. Последнему Фаминцын выражает искреннюю признательность за помощь в предисловии к своей монографии «Обмен веществ и превращение энергии в растениях». В этой обширной монографии, опубликованной в 1983 г., он обобщил все известные в то время сведения по биохимии растений. Через 4 года из печати выходит написанный им «Учебник по биохимии растений». Через четыре года из печати выходит написанный им «Учебник физиологии растений – первый отечественный университетский курс по этой дисциплине. В этих двух книгах был отражен вклад русских ученых – К.А. Тимирязева, И.П. Бородина, О.В. Баранецкого, А.Ф. Баталина, И.П. Прежезикова, С.М. Розанова, А.Н. Волкова, В.И. Палладина, а также самого автора в физиологию и биохимию растений. В «Учебнике физиологии растений» все известные в то время сведения о жизни растений изложены в трех главах: I. Химический состав растений, их рост и раздражимость; II. Питание растений; III. Размножение растений. Он построен весьма типично. Действительно, благодаря раздражимости в растительном организме в ответ на воздействие факторов внешней среды включаются целесообразные физиологические, двигательные или формообразовательные реакции, которые необходимы для питания и размножения, т. е. для поддержания существования индивидуума и вида в целом. Этого ощущения целостности и целесообразности физиологических процессов у растений не дает ни один другой учебник, где по традиции жизненные явления у растений расчленены на дискретные разделы: фотосинтез, дыхание, водный обмен, минеральное питание, рост, развитие и т.д. [4]. Результаты научных исследований А.С. Фаминцына имеют фундаментальное значение. Он изучал роль света в жизнедеятельности растений в энергетическом и информационном аспектах, открыл (вместе со своим учеником О. В. Баранецким) двойную природу лишайников, разработал представление о единстве принципов функциональной активности растений и животных, подошел к проблеме механизмов управления у простейших и растений. Особенно велика его заслуга в разработке теории симбиогенеза на примере происхождения хлоропластов от одноклеточных водорослей, живущих в клетках эукариот. Этот процесс А.С. Фаминцын рассматривал как один из путей прогрессивного усложнения клеток в ходе эволюции [10].

Неиссякаемый интерес к науке, огромная эрудиция, широкая организаторская де-

тельность, блестящий лекторский талант и доброжелательное отношение к окружающим делали личность А.С. Фаминцына необычайно притягательной. Он вдохновил и воспитал плеяду выдающихся ученых, среди которых были И.П. Бородин, К.А. Тимирязев, О.В. Баранецкий, А.Ф. Баталин, Д.И. Ивановский, С.Н. Виноградский, В.В. Половцов, Д.Н. Нелюбов, Г.А. Надсон, А.А. Рихтер, М.С. Цвет, В.А. Ротерт и др. Поэтому А.С. Фаминцын стал подлинным основателем физиологии и биохимии растений в России. А.С. Фаминцын заведовал кафедрой анатомии и физиологии растений с 1867 по 1889 г. После его избрания академиком и перехода в академическую лабораторию кафедру принял проф. И.П. Бородин (1889-1893 гг.), работавший в области фотосинтеза и дыхания растений, а затем Д.И. Ивановский (1896-1901 гг.) – основатель современной вирусологии. Последующие преемники А.С. Фаминцына по заведованию кафедрой – это классики в области изучения химизма дыхания и брожения: профессор, затем академик В.И. Паллади (1901-1914 гг.) и академик, С.П. Костычев (1914-1931 гг.). Вклад этих ученых в биохимию широко известен. В.И. Паллади (окончил в 1883 г. Московский университет, ученик К.А. Тимирязева) в 1912 г. выдвинул и экспериментально обосновал теорию о двух фазах дыхания: 1) окисление дыхательного субстрата за счет отнятия водорода (анаэробный этап), 2) окисление восстановленного акцептора водорода кислородом воздуха (аэробный этап). С.П. Костычев (окончил кафедру анатомии и физиологии растений Петербургского университета в 1900 г.) разработал теорию генетической связи дыхания и брожения. С.П. Костычев также много сделал в области химизма азотфиксации, экологии фотосинтеза и в других областях. Он был инициатором создания Института сельскохозяйственной микробиологии, Биологического НИИ СПбГУ, Завода лимонной кислоты, резко увеличил штат академической Лаборатории анатомии и физиологии растений, переименовав ее в Лабораторию биохимии и физиологии растений (ЛАБИФР). Ученики В.И. Палладина и С.П. Костычева продолжали развивать начатое направление. Чл.- корр. С.Д. Львов руководил кафедрой физиологии растений Ленинградского государственного университета с 1931 по 1957 г. Его научные интересы были связаны с химизмом аэробного и анаэробного дыхания, с ролью анаэробизма в образовании эфирных масел, с изучением динамики сахаров, органических кислот и дыхания при созревании и хранении плодов. С.Д. Львова на посту заведующего

кафедрой сменил ученик С.П. Костычева профессор С.В. Солдатенков (1957–1972 гг.), который создал школу по метаболизму органических кислот, принимающих участие в процессах брожения, дыхания и фотосинтеза. Он детально исследовал малоизученную группу кислот, образующихся в результате прямого окисления сахаров. По инициативе С.В. Солдатенкова, кафедра была переименована в кафедру физиологии и биохимии растений. С 1972 г. кафедрой руководит профессор В.В. Полевой. За время существования кафедры физиологии растений численный состав ее сотрудников возрастает – если в 1867-1900 гг. их было всего 2, то к 1970 г. он увеличился, включая штат ее лабораторий, до 73. За 130 лет кафедре окончили более 800 человек, из них 213 стали кандидатами и 54 – докторами наук. В 1925 г. кафедра физиологии растений из Ботанического корпуса переехала на Средний проспект В. О., д. 41 (здание химфака), где разместились на пятом этаже, а в 1952 г. была переведена в главное здание Ленинградского университета. Число ее лабораторий растет. В 1920 г. в составе Петергофского естественного института (ныне Биологического научно-исследовательского института СПбГУ) С.П. Костычев организовал лабораторию физиологии растений (в Александрии, Новый Петергоф), которой руководил до конца своей жизни. Первыми и единственными сотрудниками этой лаборатории вначале были В. А. Чесноков и Е.Н. Базырина. С 1931 г. лабораторию возглавил С.В. Солдатенков, а с 1948 г. – В.А. Чесноков. После войны с конца 40-х годов лаборатория воссоздается уже на территории Сергиевки в Старом Петергофе. В 1961 г. по инициативе В. А. Чеснокова открывается новая лаборатория – массового культивирования водорослей, руководителем которой становится В.В. Пиневиц. В 1968 г. к кафедре присоединяется лаборатория радиобиологии, и ее руководителем назначается В.В. Полевой. В 1975 г. в соответствии со своей тематикой лаборатория физиологии растений переименовывается в лабораторию фотосинтеза (И.М. Магомедов), лаборатория массового культивирования водорослей – в лабораторию биохимии водорослей (А. В. Козлов), а лаборатория радиобиологии – в лабораторию функциональной активности мембран. В 1979 г. группа физиологии минерального питания преобразуется в лабораторию биофизики растений (Г.Б. Максимов), лаборатория биохимии водорослей получает название лаборатории эволюционной биохимии растений (Ю.И. Маслов). После переезда агрохимиков в новое помещение четыре лабо-

ратории Отдела физиологии и биохимии растений получили в свое распоряжение весь двухэтажный корпус № 3 на территории Биологического НИИ. К сожалению, после длительного периода сокращения штата в 80-х годах количество сотрудников в лабораториях уменьшилось, а лаборатория эволюционной физиологии растений перестала существовать. На кафедре в течение столетия продолжали развиваться те направления, которые были заложены Фаминцыным: физиология и биохимия фотосинтеза, дыхания, роста и развития высших растений и водорослей, а также исследования в сравнительно физиологическом плане [7, 3].

Физиология и биохимия фотосинтеза

И.П. Бородин, еще будучи студентом, под руководством Фаминцына изучал влияние света, темноты и уровня хлорофилла на содержание крахмала в листьях березы (1868-1870 гг.). В 1882 г. он выделил кристаллический этилхлорофиллид. О.В. Баранецкий (1871) изучил действие сильного света на разрушение хлорофилла. Г.А. Надсон (1889) обнаружил образование крахмала в изолированных частях растений в темноте при выдерживании их на растворе сахара. Он начал также исследования фикобилинов сине-зеленых водорослей (1893). Целенаправленные исследования в области фотосинтеза проводил А.А. Рихтер, проработавший на кафедре 22 года. Усовершенствовав технику газового анализа, он изучал интенсивность фотосинтеза у высших растений и водорослей при действии света разного качества (1902-1917), проверил и дополнил теорию хроматической адаптации у водорослей (1916, 1917), установил, что «мигающий» свет при определенном соотношении периодов света и темноты более эффективен для фотосинтеза, чем непрерывный (1914). Б.Л. Исаченко выяснил условия образования хлорофилла (1906-1909). В 20-х годах С.П. Костычев исследует особенности фотосинтетического коэффициента, совместно с С.В. Солдатенковым анализирует суточный ход фотосинтеза у водных растений (1926, 1927), а с Е.Н. Базыриной и В.А. Чесноковым начинает серию работ по исследованию суточного хода фотосинтеза в различных природных условиях во многих географических зонах страны. Было обнаружено, что суточный ход фотосинтеза имеет вид одно- или двувёршинной кривой, максимум интенсивности процесса наблюдается в утренние часы, а в период снижения фотосинтетической активности в полдень происходит «выброс» ССА. Сейчас этот процесс известен как фотодыхание. Это были первые работы по интенсивности фотосинтеза и продуктивности растений

различных экологических групп, по экологии фотосинтеза. С.П. Костычевым были предложены два новых понятия – кривая фотосинтеза и его суточная продуктивность. Продолжая начатые Костычевым работы, В.А. Чесноков совместно с Е.Н. Базыриной (1932-1938) установили отсутствие прямой зависимости величины урожая от фотосинтетической продуктивности единицы листовой поверхности и большое влияние на урожай условий, влияющих на характер и интенсивность роста, минерального питания, на длину фотопериода. Изучая зависимость интенсивности фотосинтеза от концентрации CO_2 , В.А. Чесноков в своей докторской диссертации (1946) показал, что при увеличении концентрации CO_2 можно получить повышение скорости фотосинтеза в 2-3 раза. Совместно с А.М. Степановой им были проведены исследования физиологических основ удобрения растений CO_2 в производственных условиях (1955). В конце 50-х годов по заданию Института медико-биологических проблем Минздрава СССР В.А. Чесноков развернул работы по теме «Выращивание одноклеточных водорослей как метод промышленного использования солнечной энергии» с участием В.В. Пиневича, Н.Н. Верзилина, А.М. Степановой, Ю.И. Маслова, В.Е. Васильевой и др. С конца 40-х годов С.В. Солдатенков и Т.П. Иванова, а затем Л.С. Белозерова проводили изучение особенностей фотосинтеза и метаболизма органических кислот у суккулентов. В 60-е годы исследования взаимосвязи фотосинтеза с обменом органических кислот начинают также В.А. Чесноков со своими сотрудниками А.М. Степановой, О.Д. Быковым, И.М. Магомедовым, Н.Н. Тищенко, С.А. Мирославовой, А.А. Шумиловой и др. В частности, изучается влияние нитратов на накопление органических кислот, активность цикла Кребса и гликолиза на свету. Затем это направление возглавил (1974) ученик С.В. Солдатенкова и В.А. Чеснокова И.М. Магомедов. В его лаборатории изучается роль C_4 -дикарбоновых кислот в фотосинтезе растений с участием Н.Н. Тищенко, А.К. Юзбекова, А.А. Шумиловой, А.А. Федосеенко и других. Была экспериментально разработана схема метаболизма C_4 -кислот в листьях кукурузы на свету, выявлены общие признаки процессов C_4 – фотосинтеза и САМ-типа метаболизма растений. В результате фундаментальных исследований по C_4 -фотосинтезу в конце 70-х годов И.М. Магомедовым были начаты широкомасштабные работы по интродукции амаранта в агропромышленный комплекс страны. Амарант используют как зерновую, кормовую, овощную и техническую культуру для производства

кормов, диетических продуктов питания и лекарственных препаратов. В настоящее время эта высокобелковая культура возделывается во многих регионах России и СНГ.

Дыхание, брожение и метаболизм органических кислот

А.С. Фаминцын изучал органические кислоты в созревающем винограде и больше этой про- ; семей не занимался, но поощрял работы своих учеников в этом направлении. Так, И.П. Бородин (1874-1876), а затем В.В. Половцов (1901) исследовали дыхание листьев, побегов, распускающихся почек и прорастающих семян, защитив на эту тему магистерские диссертации. По предложению Фаминцына Д.И. Ивановский изучал брожение у дрожжей и в 1894 г. защитил магистерскую диссертацию «Исследование над спиртовым брожением». В 1897 г. А.А. Рихтер ставил опыты по влиянию света на спиртовое брожение, а позже изучал комплекс ферментов брожения (зимазу) у плесневых грибов и у высших растений (1901-1917). Оживление экспериментальных работ по проблемам дыхания произошло с приходом на кафедру в 1901 г. профессора В.И. Палладина. Он, как и А.С. Фаминцын, умел увлечь молодежь проблемами физиологии и биохимии растений и, в частности, химизмом дыхания. В исследованиях субстратов и ферментов дыхания и брожения, роли воды в химизме этих процессов, эффектов света и других факторов на дыхание участвовали приват-доцент С.П. Костычев, студенты С.Д. Львов, Н.А. Максимов, Н.Н. Иванов, Д.А. Сабинин и др. Заслуги В.И. Палладина в построении современной теории дыхания хорошо известны (см выше). С.П. Костычев на основе экспериментальных данных, полученных им и его сотрудниками, разработал теорию генетической связи между различными типами брожений и между брожением и дыханием. Он впервые назвал брожение анаэробным дыханием. Поиски связующего звена между анаэробной и аэробной фазами дыхания показали, что им не может служить этанол (1901). С участием С.В. Солдатенкова, М.В. Афанасьевой, П.С. Элиасберга и других сотрудников было обнаружено, что таким продуктом, связывающим гликолиз с различными видами брожений и с аэробным дыханием, является пировиноградная кислота. В последний период жизни С.П. Костычев активно исследовал метаболизм органических кислот у плесневых грибов. Вместе с В.А. Чесноковым он выяснил условия, способствующие накоплению лимонной кислоты в культуральной среде, и разработал технологию ее промышленного получения. С.Д. Львов продолжал разрабатывать некоторые вопросы биохимии дыхания: образование

органических кислот плесневым грибом, динамику сахаров, органических кислот и дыхания при созревании и хранении плодов. Эти и другие работы были обобщены в его докладе на VIII Тимирязевском чтении «Основные направления в историческом развитии учения о дыхании растений» (1950). В начале 30-х годов начались исследования С.В. Солдатенкова и М.Г. Кубли, похищенные роли дыхания в процессах созревания плодов. Ускорение созревания плодов вызывала инъекция этанола в плоды томатов, резко усиливавшая дыхание, а также повышение кислорода в камере до 70%. На эту тему в 1940 г. С.В. Солдатенков защитил докторскую диссертацию «Влияние кислорода на созревание плодов». С 1948 г. С.В. Солдатенковым и его сотрудниками (Т.А. Мазуровой, А.Н. Пантелеевым, Е.В. Калугиной, Л.С. Белозеровой, И.М. Магомедовым, С.М. Щипаревым, Н.И. Инге-Вечтомовой и др.) целенаправленно исследуются метаболизм и роль органических кислот в культурных растениях. В 50-х годах Солдатенков и Мазурова открыли в листьях бобовых гептоновую, дезоксиглюконовую, триоксиадипиновую и дезоксирибоновую кислоты, близкие по составу к моносахаридам и названные кислотами первичного окисления сахаров (КПОС). Вместе с Инге-Вечтомовой и Калугиной (1978) Солдатенков выделил из растений тетрановую кислоту, а затем – лимонную, малоновую и другие кислоты. Было установлено, что КПОС образуются в процессах дыхания и фотосинтеза и быстро метаболизируются как высшими растениями, так и плесневыми грибами. Результаты этих многолетних исследований были обобщены С.В. Солдатенковым в XXX Тимирязевском чтении «Обмен органических кислот у растений» и в монографии «Биохимия органических кислот растений», вышедших в 1971 г. В работе С.В. Солдатенкова и Т.В. Чирковой (1963) впервые была показана роль листьев в обеспечении корневой системы кислородом. Дальнейшие работы Т.В. Чирковой по изучению путей адаптации к аноксии у растений показали, что компенсаторные изменения происходят на разных этапах дыхания. При этом мембраны клеток приспособленных растений являются более стойкими к аноксии и другим воздействиям. Устойчивость тканей к кислородному дефициту коррелирует с резистентностью к токсическим продуктам обмена и со способностью к быстрой репарации нарушений, вызванных анаэробизмом.

Физиология и биохимия роста и развития высших растений и водорослей

А.С. Фаминцын изучал созревание винограда, морфогенез проростков и развитие точек роста, деление клеток и раз-

множение водорослей, фото- тропизмы и таксисы и исследовал влияние на эти процессы света и других условий среды. Он впервые разработал метод культивирования водорослей в водной среде с разным минеральным составом и выращивал растения кукурузы в водном растворе минеральных солей. Он экспериментально показал, что процессами онтогенеза можно управлять с помощью света и минеральных солей. Ученики Фаминцына – О.В. Баранецкий, И.М. Пряничников, А.Ф. Баталин, И.П. Бородин, Д.Н. Нелюбов – продолжали изучение этих проблем. По предложению Фаминцына, Д.Н. Нелюбов в 1896 г. начинает на кафедре исследовать влияние условий внешней среды на ростовые движения проростков. Эта работа была продолжена в академической лаборатории Фаминцына, куда Нелюбов перешел в качестве лаборанта. В 1901 г. на IX съезде русских естествоиспытателей и врачей Нелюбов сообщил об открытом им действии этилена на геотропические реакции растений. Таким образом, Д. Н. Нелюбов был первым исследователем, выяснившим химическую природу одного из физиологически активных гормональных веществ растений. В своей докторской диссертации он говорит о возможности существования у растений гормональной секреции (1914). Устойчивый интерес к проблеме онтогенеза возрождают на кафедре С.В. Солдатенков и В.А. Чесноков. С.В. Солдатенков и М.Г. Кубли, О.А. Гречухина, С.Д. Львов и Е.В. Калугина исследуют физиологию созревания плодов (томатов, цитрусовых, яблок): действие спирта, кислорода, этилена. О.А. Гречухина, В.В. Пиневиц, Т.М. Бушуева и Н.Н. Верзилин изучают эффект минерального питания на развитие и продуктивность сельскохозяйственных растений. В.А. Чесноков и Е.Н. Базырина по заданию Севморпути (1936) впервые в нашей стране разрабатывают методику промышленного выращивания сельскохозяйственных растений в водных культурах (гидропоника, аэропоника). В 50-60-х годах эти работы ведутся уже в связи с планами работ Института медико-биологических проблем с участием Г. Б. Максимова, Т.М. Бусовой, Н.Г. Осмоловской и др. Был разработан метод управления формообразовательными процессами у растений с помощью программированного минерального питания. В. А. Чесноков, В.В. Пиневиц, Н.Н. Верзилин, Ю.И. Маслов, А. Михайлов и другие в 60-х годах разрабатывают методы культивирования микроводорослей в водных минеральных средах. В. И. Палладии и С.П. Костычев нередко использовали для своих опытов прорастающие семена.

С.В. Солдатенков и Т.А. Мазурова начали на кафедре исследования по образованию и превращению органических кислот при прорастании зерновок пшеницы и кукурузы (1950, 1954). А. Н. Пантелеев в диссертационной работе, выполненной под руководством С.В. Солдатенкова, изучал углеводный и белковый обмен прорастающих семян (1955). В.В. Полевой исследовал динамику ряда ферментов и ИУК в созревающих и прорастающих зерновках кукурузы (1959). В последние годы С.М. Щипарев изучает механизмы переваривания эндосперма злаков. Им установлено, что эпителиальные клетки щитка зерновок кукурузы выделяют в эндосперм органические кислоты и кислые гидролазы, т. е. функционируют принципиально таким же образом, как и клетки слизистой желудка.

В 1970 г. В.В. Полевой защитил докторскую диссертацию на тему «Физиология и биохимия действия ауксина и гиббереллина». В этой работе на основании электрофизиологических исследований автор впервые высказал мысль о том, что механизм действия ИУК заключается в активации трансмембранного транспорта ионов Ca^{2+} и H^+ . Было показано (В.В. Полевой, Т.С. Саламатова), что функционирование протонной помпы лежит в основе многих процессов жизнедеятельности растительных организмов: роста, питания, движения, старения.

Сравнительная и эволюционная физиология и биохимия

Отдельные аспекты сравнительной физиологии – главного направления экспериментальной работы А.С. Фаминцына – продолжали развивать его ученики. Как отмечалось выше, Д.Н. Нелюбов изучал влияние условий внешней среды на ростовые движения проростков (с 1896 г.). С.Д. Львов в обзорной статье «О распространении раздражений у растений» указывает, что «тропизмы мы имеем право с полным основанием называть растительными рефлексам, – и все их отличие от животных рефлексов сводится лишь к тому, что растение не имеет особой нервной системы, потому раздражение у него может передаваться лишь непосредственно от клетки к клетке» [2]. Вновь эти вопросы стали активно обсуждаться на кафедре в связи с электрофизиологическими работами В.В. Полевого, Г.Б. Максимова и С.С. Медведева. Другой важнейшей областью, при разработке которой был использован сравнительно-физиологический подход, является обмен веществ. Как отмечалось выше, Палладии и Костычев установили идентичность биохимических ме-

ханизмов дыхания у растений, животных и микроорганизмов. Н.Н. Иванов (1928) доказал наличие у грибов мочевины, которая до него рассматривалась как вещество сугубо животного происхождения. В работах В.В. Пиневица, А.В. Козлова и других сотрудников в сравнительном плане изучались ДНК и белки (особенно основные) у про- и эукариотических водорослей и высших растений. Исследовался пигментный состав водорослей различных таксономических групп. Обсуждаются возможные пути эволюции С4 фотосинтеза у высших растений (И.М. Магомедов).

На кафедре начались экспериментальные работы по изучению сходства и различия в механизмах действия двух индольных физиологически активных веществ – фитогормона индоллил-3-уксусной кислоты и нейротрансмитера серотонина (В.В. Полевой, М.Ф. Виноградова). Оба эти соединения оказывают влияние на транспорт ионов через биологические мембраны и на величину мембранного потенциала в тканях-мишенях. Предполагается, что изменения в структуре индольных регуляторов в ходе эволюции произошли при расхождении растительного и животного царств. На кафедре обсуждается проблема эволюции двигательных систем у растений. Растяжение клеток у растений рассматривается как «осмотический» способ движения, возникший первоначально у нитчатых водорослей на основе систем внутри- и внеклеточного пищеварения. Как уже отмечалось, экспериментально изучается механизм кислого пищеварения при прорастании зерновок кукурузы. Высказано предположение, что активный транспорт ионов H^+ через плазмалемму явился тем механизмом, который обеспечил переход от неживого состояния к неравновесному живому при возникновении жизни (5). Исследуются и обсуждаются проблемы эволюции функций и систем регуляции у растений.

В настоящее время на кафедре и в трех ее лабораториях работают свыше 40 сотрудников, в том числе 4 доктора и 15 кандидатов биологических наук. Основное направление исследовательской работы кафедры – изучение систем регуляции у растений на всех уровнях их организации. В лаборатории функциональной активности мембран (руководитель проф. В.В. Полевой) изучаются гормональные и электрические системы управления и интеграции у растений в норме и в условиях стресса, механизмы рецепции и трансдукции гормональных сигналов. В лаборатории биофизики растений (проф. С.С. Медведев) исследуются проблемы гравитропизма,

пространственно-временной организации процессов роста и морфогенеза, физиологические основы полярности и ионного гомеостаза растений. В лаборатории фотосинтеза (проф. И.М. Магомедов) основное внимание сосредоточено на изучении С4- и САМ-метаболизма и взаимосвязи углеводного и азотного обменов у растений с различными типами фотосинтеза. В группе физиологии адаптаций (проф. Т.В. Чиркова) разрабатывается общая теория механизмов устойчивости растений к гипоксии и аноксии и к другим стрессовым воздействиям[5]. В другой публикации[3] В.В. Полевой приводит сведения о сотрудниках кафедры физиологии и биохимии растений в Ленинградском государственном университете.

Физиологическое отделение ботанического кабинета (кафедра анатомии и физиологии растений) С – Петербургского университета. Фаминцын А.С. – заведующий кафедрой (1867–1889). С 1861 г. – преподаватель, доцент, профессор. Цабель Н.Е. – приват-доцент (1863–1866). Баранецкий О.В. – хранитель Ботанического кабинета (1867–1869)

Кафедра физиологии и биохимии растений Ленинградского государственного университета. Солдатенков С.В. – заведующий кафедрой (1957–1972). Чесноков В.А. – профессор, зав. лабораторией (1955–1974)

Гречухина О.А. – доцент (1949–1969)

Пантелеев А.Н. – доцент (1957–1967)

Кубли М.Г. – ассистент (1938–1962)

Бушуева Т.М. – ассистент, ст. науч. сотр. (1955–1967)

Пиневиц В.В. – ст. науч. сотр., директор Биологического научно-исследовательского института, зав. лабораторией (1959–1973)

Степанова А.М. – мл. науч. сотр., ст. науч. сотр. (с 1957)

Верзилин Н.Н. – мл. науч. сотр., ст. науч. сотр. (с 1958)

Мазурова Т.А. – мл. науч. сотр. (с 1960)

Белозерова Л.С. – лекц. ассист., ассистент. (1958–1976)

Берс Э.П. – мл. науч. сотр. (с 1963)

Маслов Ю.И. – мл. науч. сотр. (с 1963)

Чиркова Т.В. – ассистент (1964–1977)

Магомедов И.М. – мл. науч. сотр. (1966–1974)

Тищенко Н.Н. – мл. науч. сотр. (с 1967)

Полевой В.В. – доцент, профессор (1967–1972)

Саламатова Т.С. – мл. науч. сотр. (с 1967)

Максимов Г.Б. – доцент (1968–1978)

Инге-Вечтомова Н.И. – мл. науч. сотр. (с 1976)

Виноградова М.Ф. – мл. науч. сотр., ст. науч. сотр. (с 1968)

Бусова Т.П. – мл. науч. сотр., ст. науч. сотр. (с 1969)

Липская А.А. – мл. науч. сотр. (с 1970)

Щипарев С.М. – ассист. (с 1971)

Калугина Е.В. – мл. науч. сотр. (с 1971)

Синютина Н.Ф. – мл. науч. сотр. (с 1971)

Шумилова А.А. – мл. науч. сотр. (с 1972)»

Лаборатория фотосинтеза

Как указано выше, одним из подразделений Отдела физиологии и биохимии растений была лаборатория фотосинтеза. Она была создана в 1974 году на базе лаборатории физиологии и биохимии растений, основанной в 1920 году академиком С.П. Костычевым. С 1948 г по 1974 г лабораторию физиологии и биохимии растений возглавлял профессор В.А. Чесноков. С 1974 г, часть этой лаборатории была преобразована в лабораторию фотосинтеза, который в течение 33 лет руководил профессор И.М. Магомедов. В 1987 г лаборатория фотосинтеза объединилась с бывшей лабораторией эволюционной биохимии растений, которая вела свое начало с 1961 г., когда по инициативе проф. В.А. Чеснокова и В.В. Пиневица была создана лаборатория массового культивирования водорослей под руководством В.В. Пиневица. Основная задача лаборатории состояла в исследовании роли органических кислот в фотосинтезе высших растений и определения путей регуляции углеродного метаболизма на свету. В соответствии с указанной задачей были выбраны следующие направления исследований:

1) Фотосинтетический обмен углерода у C_3 , C_4 и САМ – растений (И.М. Магомедов, Л.Б. Ковалева, А.К. Юзбеков, Н.П. Белоног. И.Р. Фомина, Зо Ин Бу).

2). Изучение связи азотной и углеродного питания растений (И.М. Магомедов, Н.Н. Тищенко, А.А. Шумилова, Д.Б. Никитин, А.А. Федосеенко)

3). Взаимосвязь фотосинтеза, дыхания и фотодыхания растений различных экологических групп (А.М. Степанова, А.А. Шумилова, А.А. Федосеенко).

В результате проведенных исследований был внесен значительный вклад в познание механизмов C_4 -фотосинтеза и САМ-метаболизма углерода, взаимосвязи фотосинтеза, дыхания и азотного питания, регуляции фотосинтеза C_3 , C_4 и САМ – растений. Следует отметить, что в Советском Союзе в 60-90-е годы комплексно исследовали механизмы углеродного метаболизма C_4 -и САМ – растений всего в двух лабораториях (лаборатории проф. Карпилова Ю.С. в Институте фотосинтеза АН СССР и в нашей лаборатории).

Приоритетными исследованиями лаборатории являлись: эффективность усвоения азота белковыми формами C_4 -растений (предложены термины – «азот роста» и «азот поддержания»). Установлено, что у C_3 -растений «азот поддержания» выше, чем у C_4 – растений и наоборот, «азот роста» в последних значительно выше, чем у C_3 -растений. Высказана гипотеза о сигнальной роли молекул CO_2 в индукции синтеза РубисКО в фотосинтезирующих клетках C_4 -растений. Развивалась концепция В.И. Вернадского об авторофности человека. Предполагалось, что в результате развития работ по искусственному фотосинтезу, человек сможет обеспечить себя продуктами питания и кислородом, а в будущем в результате симбиоза, непосредственно поглощать солнечный свет и получить необходимую энергию для развития. Показано, что идеальными растениями по эффективности использования солнечного света могут быть промежуточные виды растений между C_4 и C_3 – растениями, которые способны переключаться на C_3 или на C_4 путь углерода в зависимости от экологических условий (C_3/C_4 растения). В начале 80 годов были начаты работы по изучению особенностей фотосинтеза амаранта, как представителя аспартатной группы C_4 -растений.

Впервые, в стране были начаты исследования по биотехнологии амаранта (И.М. Магомедов, Н.К). Кузьменко, Л.С. Соболев, А.А. Гусарина). Проведен большой объем работы по выяснению особенностей физиологии и биохимии амаранта в зависимости от условий окружающей среды (И.М. Магомедов, А.А. Шумилова, А.А. Михайлов, Н.Н. Тищенко, В.А. Белоногова, А.А. Федосеенко, Д.Б. Никитин, Л.И. Кунаева). Для внедрения амаранта в агрофарм-индустрию как пищевой, кормовой, овощной и лекарственной культуры, впервые в системе высшего образования СССР была создана научно-производственная система «Амарант». На базе лаборатории фотосинтеза и НПС «Амарант» был учрежден Центр Амаранта Биологического Института ЛГУ. В настоящее время амарант признан, культурой 21 века. Другая часть лаборатории занималась вопросами фотобиосинтеза по следующим направлениям:

1. Массовое культивирование водорослей в научных и прикладных целях (В.В. Пиневиц, Н.Н. Верзилин, А.А. Михайлов, К.И. Маслов, Э.П. Бэрс).

2. Вопросы фотосинтеза на основе культур микроводорослей (В.В. Пиневиц, Н.Н. Верзилин, Ю.И. Маслов, Э. П. Бэрс, А.А.Липская, Т.П. Левитина).

3. Молекулярная биология водорослей (А.В. Козлов, Е.Ю. Дмитриева, Э.П. Бэрс, А.А. Липская, Т. П. Левитина).

4. Механизмы физиологической адаптации микроводорослей к экологически значимым естественным и техногенным факторам среды (Ю.И. Маслов, В.П. Андреев, Х.А. Султан, И.В. Евдокимова, Т.П. Левитина). Изучение морской взвеси как компонента кормовой базы при культивирования мидий на Белом море (Ю.И. Маслов, А.А. Михайлов, Т.И. Ананьева, И.В. Евдокимова).

В результате проведенных работ внесен определяющий вклад во внедрение микроводорослей в научные и прикладные исследования (в масштабах Советского Союза, а также стран – СЭВ) как удобного объекта исследований в области фотобиосинтеза в различных его приложениях. Создана база эколого-физиологического исследования роли микроводорослей в экономике природы. Велись исследования физиологической адаптации ассимиляционного аппарата микроводорослей к факторам среды и проводилось изучение биохимического состава морской взвеси, в частности, фитопланктона в связи с культивированием хозяйственно ценных гидробионтов на Белом море (Ю.И. Маслов, Е.П. Кривушии).

В заключение, выражаю благодарность Т.С. Саламатовой за предоставленные материалы и разрешение опубликовать обзор проф. В.В. Полевого.

Приложение: фотографии сотрудников кафедры физиологии и биохимии растений, работавшие в разные периоды 20 века.



*Сотрудники кафедры физиологии и биохимии растений Биолого-почвенного факультета ЛГУ (май, 1953).
Слева направо: Маевская А.Н., Пантелеев А.Н., Степанова А.М., Калугина Е.В., Афанасьева М.В., Чесноков В.А., Солдатенков С.В., Львов С.Д. (зав. кафедрой), Шиллегодская Г.Д., Кубли М.Г., Пиневиц В.В., Мазурова Т.А., Неизвестное лицо, Попова Л.И., Романова Л.В.*



*Сотрудники лаборатории физиологии и биохимии растений (1970).
Сидят: слева направо – Назымок А.А., Никифорова Л.В., Керт В.Д., Иванова З.А., Шумилова А.А., Бусова Т.М.
Стоят: слева направо: Магомедов И.М., Банкин М.П., Кренгауз Л.А., Степанова А.М., Чесноков В.А. (заведующий лабораторией), Мирославов С.М., Тищенко Н.Н.*



*Сотрудники лаборатории фотосинтеза (1978).
Слева направо – Шумилова А., Магомедов И.М. (заведующий лабораторией), Степанова А.М., Керт В.Д., Ложкина А.А., Тищенко Н.Н., Юзбеков А.К.*



*Сотрудники Отдела физиологии и биохимии растений (1995).
Слева направо – Батов А.Ю., Шевцов Ю.А., Федосенко А.А., Разумова Н.М., Осмоловская Н.Г., Танкелюн О.В., Соболев Л.С., Петрова М.М., Маслов Ю.И., Полевой В.В. (заведующий отделом), Магомедов И.М., Маркова И.В., Шумилова А.А., Саламатова Т.М., Синютина Н.Ф., Шарова Е.И., Виноградова М.Ф., Верзилин Н.Н., Степанова А.М., сидит – студент Иванов И.И.*

Список литературы

1. Бородин И.П. Андрей Сергеевич Фаминцын (1835-1918). Некролог // Изв. Рос. АН. Сер.6.1919. Т. 13, № 12-18. С. 553-566.
2. Львов С.Д. О распространении раздражений у растений // Новые идеи в биологии. М., 1925. Вып. 1. С. 29-68.
3. Полевой В.В. А.С. Фаминцын и физиология растений в Петербургском-Ленинградском университете // Андрей Сергеевич Фаминцын. Жизнь и научная деятельность. Л., 1981. С. 56-84.
4. Полевой В.В. К столетию выхода в свет первого отечественного «Учебника физиологии растений» А.С. Фаминцына // Физиол. растений. 1987. Т. 34, вып.6. С.1212-1215.
5. Полевой В.В. Физиология растений в Санкт-Петербургском государственном университете // Вестник СПбГУ. 1988. в.2. N(10). С. 3-12.
6. Сенченкова Е.М. Андрей Сергеевич Фаминцын (к 40-летию со дня смерти) // Бот. журн.1960.Т.45, № 2. С. 309-317.
7. Солдатенков С.В. Физиология и биохимия растений в университете // Вести. Ленингр.ун-та. 1969. № 3. С.18-28.
8. Строгонов Б.П. Андрей Сергеевич Фаминцын. М., 1996. 177 с.
9. Тимирязев К.А. Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов // Соч. Т. VIII.М.,1939. С.137-177.
10. Хахина Л. Н. Концепция А.С. Фаминцына о значении симбиоза в эволюции // Андрей Сергеевич Фаминцын. Жизнь и научная деятельность. Л., 1981. С. 165-181.
11. Medvedev S., Pozhvanov G. Department of Plant Physiology and Biochemistry of Saint Petersburg State University celebrates 150th anniversary // Biological communications. 2018. v. 63. I. 1. p.5-8.