

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
Э. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Пухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

П. А. Генкель

**Дмитрий Анатольевич
САБИНИН**

1889—1951



**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА
1980**

134 Генкель П. А. Дмитрий Анатольевич Сабинин (1889—1951). — М.: Наука, 1979, 184 с.

В книге рассказывается о жизни и деятельности советского физиолога растений Д. А. Сабинина. Один из основоположников учений о корневом питании, росте, развитии растений и физиологии клетки, он прочно связал свою многогранную научную деятельность с практикой растениеводства: многие предложения ученого вошли в агротехнику хлопководства, зерноводства и овощеводства. В книге анализируются основные труды Сабинина, не потерявшие своего значения и в наши дни, раскрывается его талант педагога — основателя школы отечественных физиологов растений.

16.2

Ответственный редактор
член-корреспондент АН СССР
С. Р. МИКУЛИНСКИЙ

© Издательство «Наука», 1980 г.

Г $\frac{20100-001}{054 (02)-80}$ 79-79 НП 1602000000

От автора

Сравнительно недолгая, около 62 лет, но необычайно богатая научная жизнь Дмитрия Анатольевича Сабинина привлекала и будет привлекать внимание не только биологов. Лично меня с Д. А. Сабининым связывали долгие годы знакомства.

Впервые я встретился с ним в 1918 г., когда учился в 6-м классе реального училища в г. Перми. Затем, уже будучи студентом биологического факультета Пермского государственного университета, я посещал лекции и практические занятия Сабинина по микробиологии, слушал его выступления в Обществе естествоиспытателей. В 1925 г. Д. А. Сабинин пригласил меня на должность ассистента кафедры анатомии и физиологии растений, которую он возглавлял до 1929 г., когда уехал из Перми. С 1939 по 1941 г. я по совместительству состоял профессором Московского университета на кафедре, возглавляемой Дмитрием Анатольевичем. Таким образом, наше знакомство с Д. А. Сабининым продолжалось свыше 30 лет, из которых свыше семи лет мне посчастливилось работать под его руководством и поддерживать с ним непосредственный научный контакт.

В лице Д. А. Сабинина наука имела глубоко принципиального ученого, в котором хорошо сочетались огромная эрудиция теоретика и талант экспериментатора, умевшего не только точно, но и красиво работать. Эрудиция Д. А. Сабинина помогала ему строить предположения и гипотезы, которые далеко превосходили выводы цитируемых им авторов. Ряд его предположений опередил на много лет развитие науки, найдя блестящее подтверждение в дальнейшем. Так было, например, с физиологической ролью нуклеиновых кислот и механизмом ритмов

роста растений. При этом Д. А. Сабинин всегда стремился связать свои теоретические разработки с практикой. Примером могут служить его работы по применению удобрений под хлопчатник, пшеницу, лен, а также некоторые субтропические культуры.

Роль его в науке не ограничивалась только личными исследованиями. Д. А. Сабинин явился создателем большой школы физиологов растений. Он ярко, с поразительным блеском мысли и глубоким проникновением в существо вопроса читал лекции и вел семинары сначала в Пермском, а затем в Московском университетах, в которых он в течение многих лет возглавлял кафедру физиологии растений.

Считаю своим долгом осветить деятельность своего учителя — выдающегося исследователя, чьи научные достижения были, на мой взгляд, недостаточно полно оценены при его жизни. Пройдет время, уйдут из жизни все люди, знавшие, ценившие и любившие Д. А. Сабинина, но память о нем не должна кануть в Лету, а его жизнь должна стать славным примером глубокой преданности Родине, честного и принципиального служения науке для всех тех, кто видит в ней свое жизненное призвание.

Мне хочется выразить сердечную благодарность Е. Г. Мининой, оказавшей серьезную помощь при составлении данной книги, а также В. Н. Жолкевичу, О. Ф. Туевой, М. Г. Зайцевой, Н. А. Сатаровой за ряд советов и уточнений.

Жизненный путь

*Лишь тот для будущего жил, кто
многое свершил для современников
своих.*

Ф р. Ш и л л е р

Поэт Г. Гейне сказал, что под каждой могильной плитой похоронен целый неповторимый мир ушедшей индивидуальности. Нам кажется, что эти слова, как к никому другому, относятся к Дмитрию Анатольевичу Сабину, яркая и оригинальная личность которого не может быть забыта теми, кто его знал.

Д. А. Сабинин родился в 1889 г. в Петербурге в трудовой интеллигентной семье, и его детство, юность и молодость прошли в этом городе. В 1909 г. он блестяще закончил частную гимназию Столбцова¹. Перед ним встала дилемма — какую специальность выбрать: идти ли на филологический факультет или на естественное отделение физико-математического факультета университета.

В то время на Дмитрия оказывал сильное влияние его друг Самуил Миронович Алянский (1891—1974), физиолог, организатор издательства «Алконост». Но несмотря на то, что Алянский склонял Сабинина к изучению гуманитарных наук, последний выбрал естественное отделение университета, которое и закончил в 1913 г. В начале следующего года Дмитрий по инициативе профессора В. И. Палладина был оставлен при университете для подготовки к научной работе или, как тогда говорили, для подготовки к профессорскому званию. Одновременно его избрали ассистентом Психоневрологического института, где он работал у приват-доцента университета А. А. Рихтера, читавшего в институте лекции. Кроме того, Сабинин преподавал географию в одной из гимназий.

¹ Ленинградский государственный исторический архив (ЛГИА), ф. 14, оп. 3, д. 54275.

В 1916 г. Дмитрий стал лаборантом степной биологической станции Петроградского общества естествоиспытателей, расположенной в Каменной степи (Воронежская губ.). Позднее Д. А. Сабинин вспоминал, что на Каменно-степной станции в то время оказались вместе четыре видных ботаника: В. Л. Комаров, Б. А. Келлер, В. Н. Любименко и В. И. Талиев. Лучше всех дикорастущие растения Каменной степи знал Келлер, который уже несколько лет изучал растительность Черноземной области. Комаров, как специалист по флоре Дальнего Востока, мог классифицировать их до рода. Любименко, как физиолог растений, тоже разбирался в местном растительном мире. Что касается Талиева, то, когда к нему обращались с просьбой назвать какое-нибудь здешнее растение, он остроумно отвечал: «Посмотрите у Талиева», подразумевая при этом свой известный в то время определитель.

Сабинин на станции вел наблюдения за ходом устьичных движений у степных растений. К сожалению, результаты этой работы опубликованы не были, хотя он и доложил о них в 1917 г. на одном из заседаний Общества естествоиспытателей.

Отец Дмитрия, известный ученый-ихтиолог Иннокентий Дмитриевич Кузнецов (прим. 1856—1920), был женат на Марии Войцеховне Сабининой, урожденной Складковской (прим. 1861—1937). Дело в том, что в девичестве она вышла замуж за врача Анатолия Христофоровича Сабинина, но вскоре ушла от него и вступила в фактический брак с И. Д. Кузнецовым. Поначалу этот брак не был оформлен официально (они это сделали позднее) и их дети — Георгий², Дмитрий и Мария³ — носили фамилию и отчество первого мужа Марии Войцеховны.

² Георгий Анатольевич Сабинин (1886—1917) учился на юридическом факультете Петербургского университета, но был из него исключен за участие в революционном движении. Работал делопроизводителем на газовом заводе (сведения сообщила его дочь И. Г. Сабинина).

³ Мария Анатольевна Сабинина (прим. 1891—1923) одновременно с братом переехала в Пермь, где работала в лаборатории проф. А. А. Рихтера в качестве младшего ассистента. Вышла замуж за проф. А. А. Заварзина и скончалась в Ленинграде. Автор совместной с А. А. Рихтером работы «Осмотическое давление и проницаемость поглощающих корневых волосков растений» (Изв. Биол. науч.-исслед. ин-та и биол. станции при Пермском ун-те, 1917, т. 1, вып. 2, с. 5).

М. В. Сабинаина до конца своих дней сохранила светлый и яркий ум. В Петрограде она занималась просветительской деятельностью, читала лекции, писала научно-популярные статьи по естествознанию и даже издала книгу о философе Юме.

И. Д. Кузнецов служил в департаменте земледелия. Он считался специалистом высокого класса и неоднократно успешно руководил экспедициями, организованными этим ведомством. Его деятельность была высоко оценена и в печати⁴. В одной из книг, в частности, отмечалось: «Вопросами рыбной промышленности на Байкале, особенно в связи с оскудением запасов рыбы, в конце прошлого и в начале XX в. занимаются и другие лица. Особенно ценными были исследования И. Д. Кузнецова, проведенные им в 1902, 1907 и 1908 гг. по поручению Министерства земледелия. В своих работах, посвященных байкальскому рыболовству (1909, 1911), Кузнецов обобщил известные к тому времени данные о байкальском промысле, об его организации, орудиях промысла, уловах, обработке рыбы. Он дает также некоторые сведения о промысловых рыбах, особенно омуля, его миграциях в Байкале»⁵. Положительно характеризуя работу Псковской научно-промысловой экспедиции (1912—1913 гг.), руководимой И. Д. Кузнецовым, автор одной из статей обращает внимание на «Очерки русского рыболовства» (1902)⁶. Он считает, что они написаны Кузнецовым на «основе прекрасного знания промысловых районов России».

И. Д. Кузнецов был очень добрым человеком и доброжелательно относился к людям. В этом мне пришлось убедиться лично. Перед приездом в Пермь Иннокентий Дмитриевич перенес тяжелый инсульт, в результате которого его речь была почти полностью парализована. Однако, несмотря на это, он научил меня пользоваться метеорологическими приборами, которые имелись на Камской биологической станции (в то время я проходил

⁴ См.: Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне озера Байкал. Иркутск, 1958.

⁵ Борисов П. Г. Из истории научно-промысловых ихтиологических исследований на морских и пресных водоемах СССР. М.: Высшая школа, 1960, с. 10.

⁶ Кузнецов И. Д. Очерк русского рыболовства (промысел различных водяных животных). СПб., 1902.

там студенческую практику, занимаясь изучением местной флоры).

Иннокентий Дмитриевич, по-видимому, оказал большое влияние на выбор специальности своего сына. Еще в гимназические годы Дмитрий сопровождал отца в экспедиции на Байкал и впоследствии очень часто вспоминал об этой увлекательной поездке.

В 1911 г. Д. А. Сабинин женился на Лидии Евстафьевне Воронец (1891—1951). Лидия Евстафьевна была человеком большого ума и немалых способностей. Она окончила Пермский университет, где работала ассистентом, а впоследствии получила звание доцента, преподавала физическую химию, сначала в Томске, а затем в Свердловске — в Политехническом институте. В этом городе она и скончалась. Несмотря на то что Дмитрий Анатольевич в свое время развелся с Лидией Евстафьевной, он сохранил с ней хорошие отношения. Когда она серьезно заболела, обеспокоенный Сабинин даже приезжал в Томск. Он навсегда остался подлинным другом и советчиком и для дочери, Марины, которая в настоящее время является известным искусствоведом.

Впоследствии Д. А. Сабинин женился на Елене Григорьевне Мининой, позднее ставшей видным ученым, доктором биологических наук. От второго брака Дмитрий Анатольевич имел трех детей — дочерей Марию (1928 г.) и Елену (1940 г.), сына Константина (1930 г.)^{6а}.

В 1917 г. Д. А. Сабинин стал ассистентом кафедры физиологии растений Петроградского университета, а уже в следующем году профессор А. А. Рихтер пригласил его в качестве старшего ассистента в Пермский государственный университет. Сдав в 1919 г. магистерские экзамены, Дмитрий получил звание доцента университета. В 1920 г. он начал читать обязательные курсы микробиологии и анатомии растений, а спустя два года был избран и утвержден профессором. После переезда А. А. Рихтера в Саратов Сабинин с 1924 г. занял место заведующего кафедрой физиологии растений.

^{6а} В настоящее время Мария Дмитриевна Сабинина работает преподавателем в Институте общественных наук при ЦК КПСС; Константин Дмитриевич Сабинин заведует одной из лабораторий Акустического института АН СССР, доктор физико-математических наук; Елена Дмитриевна Сабинина является научным сотрудником Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР.



Отец Д. А. Сабина И. Д. Кузнецов

Остановимся в кратких чертах на научной жизни Пермского университета, в котором Д. А. Сабинин проработал в течение 11 лет.

Сначала немного истории. В 1916 г. в Перми было открыто отделение Петроградского университета в составе трех факультетов: юридического, историко-филологического и физико-математического с естественным и медицинским отделениями. С 1917 г., когда университет получил автономию, медицинское отделение стало факультетом, а в 1918 г. был организован еще один факультет — сельскохозяйственный. В Пермском университете сложилась весьма хорошая обстановка для научной работы. Ее организация поражала своим размахом и широтой.

Так, в Ботаническом кабинете, созданном в 1916 г. профессором А. Г. Генкелем⁷, имелось около 1000 нари-

⁷ О деятельности А. Г. Генкеля см.: *Николаев С. Ф. Доктор ботаники А. Г. Генкель. Пермь, 1959.*

сованных А. Г. Генкелем стенных таблиц, а также гербарий уральской флоры, собранный знатоком флоры Урала П. В. Сюзевым, а Ботаническая лаборатория, основанная в 1917 г. профессором А. А. Рихтером, даже приобрела личные библиотеки академика А. С. Фаминцына и профессора Х. Я. Гоби. Это важное дело было поручено Д. А. Сабинину, который для этой цели выезжал в Петроград. Картотеку полученных библиотек (примерно 10 тыс. штук) составил А. А. Рихтер⁸. Как видим, при организации кабинетов и лабораторий профессора не чуждались большой технической работы, не жалея своего времени и сил.

Автор этой книги, еще учась в реальном училище, с 1919 г. начал посещать заседания Пермского общества естествоиспытателей при университете, которое регулярно заседало примерно два раза в месяц (обычно по воскресеньям). На эти заседания собирались не только профессора и преподаватели университета, но и студенты-естественники. Заседания носили характер настоящего праздника науки. На них царила торжественная и в то же время деловая обстановка. Обсуждения докладов проходили корректно, причем химики не стеснялись выступать по биологическим вопросам, а биологи — подчас и по химическим.

Пермский университет отличался прекрасным подбором научных кадров. Например, в 1916—1920 гг. на естественном отделении университета работали: доктор медицины, известный физиолог Б. Ф. Вериге, доктор ботаники А. Г. Генкель (морфология и систематика низших и высших растений), доктор зоологии К. Н. Давыдов⁹ (зоология позвоночных), магистр зоологии А. А. Заварзин¹⁰ (гистология), профессор А. А. Рихтер (анатомия и физиология растений), магистр зоологии Д. М. Федотов (зоология беспозвоночных), доктор медицины В. К. Шмидт (анатомия человека). Большую роль в научной жизни университета в то время играла и молодежь — ассистенты и преподаватели, большинство из которых впоследствии

⁸ См.: Памяти академика А. А. Рихтера. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1949.

⁹ *Бляхер Л. Я.* Константин Николаевич Давыдов. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

¹⁰ *Несмылова Г. А.* Алексей Алексеевич Заварзин. Л.: Изд-во АН СССР, 1963.



*Мать Д. А. Сабина Мария Войцеховна Кузнецова
и его сестра М. А. Сабина*

стали видными учеными: В. Н. Беклемишев (зоология), Б. В. Власов (зоология), Е. С. Данини (гистология), Ф. М. Лазаренко (гистология), А. А. Любищев (зоология), Ю. А. Орлов (гистология), В. С. Порецкий (ботаника), Д. А. Сабинин (физиология растений), П. Г. Светлов (зоология), А. О. Таусон (зоология). Весь этот коллектив жил интересами любимой науки, и преподавание на всех кафедрах велось на высоком уровне. Большинство профессоров и преподавателей университета прошли школу в Петроградском университете, являясь учениками Х. Я. Гоби, А. С. Догеля, А. О. Ковалевского, П. Ф. Лесгафта, В. И. Палладина, А. С. Фаминцына, В. М. Шимкевича.

Следует подчеркнуть, что еще до Великой Октябрьской социалистической революции в университете сложились и всегда поддерживались демократические отношения между профессорами, преподавателями и студентами. Пермский университет представлял единый, хорошо спаянный и дружный коллектив. В дальнейшем, работая во многих вузах нашей страны, я нигде не встречал подобной взаимосвязи между студентами и профессорско-пре-

подавательским составом. В этой благоприятной для учебной и исследовательской работы обстановке рос и креп талант Д. А. Сабина.

В Петроградском университете Д. А. Сабинин прошел школу профессора В. И. Палладина, известную работами в области дыхания и брожения. В школе В. И. Палладина удачно сочетались его идейная и теоретическая постановка исследуемого вопроса с методической тщательностью его ассистента, приват-доцента А. А. Рихтера, которому Д. А. Сабинин «во многом обязан теми замечательными чертами ученого, которые так счастливо в нем сочетались, — романтизму, страстности, способности к широким обобщениям и научному предвидению, с одной стороны, и точности эксперимента, критическому подходу к методике и результатам исследования — с другой»¹¹.

Работу на кафедре Д. А. Сабинин успешно совмещал с руководством Биологической станции, расположенной на берегу Камы в дачном поселке Нижняя Курья. В. Н. Наугольных, характеризуя деятельность Сабина на станции, писал: «В первые же годы пребывания в Перми Дмитрий Анатольевич принял деятельное участие в организации Биологической станции Общества естествоиспытателей в Нижней Курье, вначале занимая должность лаборанта, потом директора. Летом на Биологической станции работали биологи разных специальностей, к работе широко привлекались и студенты. Зимой на станции оставался один постоянный сотрудник, но и тогда Дмитрий Анатольевич регулярно следил за ходом работы. Обычно он отправлялся в Нижнюю Курью на лыжах на 1—2 дня и возвращался для проведения очередных занятий и лекций посвежевшим, бодрым и, как всегда, веселым»¹².

Успеху научной деятельности в Пермском университете способствовало также следующее обстоятельство: большинство его сотрудников не только работали в университетских корпусах на Заимке, но и жили на мансарде главного здания и во вспомогательных постройках. Днем

¹¹ Белоусова А. К., Зайцева М. Г., Заленский О. В., Тюрина М. М., Цельникер Ю. А., Штернберг М. Б. Дмитрий Анатольевич Сабинин. — Бот. журнал, 1957, т. 42, № 7, с. 1129.

¹² Наугольных В. Н. Научная деятельность Дмитрия Анатольевича Сабина в Перми. — В кн.: Сборник работ Пермского отделения Всесоюзного ботанического общества. Пермь, 1959, с. 77.



Д. А. Сабинин (справа), его брат Георгий и сестра Мария

в лабораториях кипела учебная работа, а ночью почти во всех лабораториях велись интенсивные разнообразные исследования. Большую роль в развитии научной деятельности пермских биологов и химиков сыграла организация в 1922 г. при университете Биологического научно-исследовательского института. Как известно, в первой половине 20-х годов в нашей стране было нелегко наладить подготовку и публикацию научных статей. Открытие биологического института очень помогало в этом деле. Институт стал выпускать два неперидических журнала: «Известия Биологического научно-исследовательского института и Биологической станции при Пермском государственном университете» и «Труды биологического института», в которых печатались крупные работы монографического характера. Вначале монографические работы публиковались в виде отдельных приложений к журналу «Известия».

Д. А. Сабинин принимал большое участие не только в деятельности университета, но и в созданных при нем учреждениях. В 1925 г. в приложениях к «Известиям»

он опубликовал свою замечательную монографию «О корневой системе как осмотическом аппарате»; целый ряд его статей, а также работы его учеников и сотрудников публиковались в изданиях института. Став в 1920 г. лаборантом Биологической станции, Сабинин спустя год уже возглавлял ее. Горячее участие принимал ученый и в организации Троицкого лесостепного заповедника. С февраля 1923 г. по 17 декабря 1924 г. он был членом правления университета и одновременно заведующим научно-учебной частью¹³. В 1925 г. Сабинина утвердили действительным членом Биологического научно-исследовательского института. Будучи директором Биологической станции, Д. А. Сабинин организовал исследования гидрологии р. Камы и Черного озера, расположенного в ее пойме. В 1922 г. эту работу под руководством Сабинина проводила Е. К. Павлинова. В процессе исследований детально изучался уровень, температура, прозрачность, содержание кислорода, окисляемость, жесткость воды в реке, ледостав; было также установлено количество коагулянта. В результате наблюдений удалось составить подробную гидрологическую характеристику Камы (1924 г.).

Как уже отмечалось, Д. А. Сабинин принимал участие в организации Троицкого лесостепного заповедника. В частности, он работал в комплексной Троицкой экспедиции, которую возглавляли почвовед профессор В. В. Никитин и его ассистент, впоследствии профессор, Г. А. Маландин. На долю Сабинина пришлось почвенно-микробиологические исследования. Именно в ходе этой экспедиции и возникла мысль о создании заповедника для охраны исчезающих целинных степей, а также для научно-исследовательской работы.

Площадь заповедника небольшая — около 2000 га. Расположен он в 30 км от г. Троицка (Челябинская обл.), на малодренированной равнине, относящейся к области разнотравно-ковыльных степей. Место было выбрано очень удачно: в заповеднике имелись степная часть и лесостепная с типичными березовыми колками (рощами), обычными для лесостепи Западной Сибири. Привлекает разнообразие почв заповедника, свойственное Западно-

¹³ Пермский государственный университет им. А. М. Горького: Исторический очерк. 1916—1966. Пермь, 1966, с. 30.

Сибирской низменности. В его степной части преобладают засоленные почвы: солончаки, луговые солончаки, различные солонцы (корково-столбчатые, среднестолбчатые, глубокостолбчатые, солоды), а также черноземы (солонцеватые, комковатые, деградированные), под лесными колками — солоды.

С самого основания заповедника его главной чертой стали интенсивная научная работа в области почвенной микробиологии, экологии растений и животных, энтомологии, гидробиологии, наблюдения за солонцами и их мелиорации, изучение явлений засухи, засухоустойчивости и способов ее повышения, исследование корневых систем растений, опыты по лесным посадкам деревьев. В результате работы в заповеднике было опубликовано не менее ста статей, в выполнении которых участвовали не только профессор, преподаватели, аспиранты, но и студенты-дипломники. Таким образом претворялась в жизнь идея Д. А. Сабина о развертывании в заповеднике мероприятий по охране природы и проведении научных изысканий по разным отраслям биологии.

Д. А. Сабинин хорошо понимал важность полевых экспериментов и физиолого-экологических и микробиологических исследований. Он считал, что эти мероприятия могут иметь значение не только для развития теоретических представлений, но и для практики сельского хозяйства. Именно этому отвечала разработка группой ученых комплексной темы по изучению и мелиорации солонцов¹⁴. Экспериментаторы исследовали водный режим растений, микробиологию почв, корневые системы, почвенный поглощающий комплекс и изменения его химизма и физических свойств на фоне коренной мелиорации солонцов путем гипсования и глубокой вспашки солонцового горизонта у корково-столбчатых солонцов.

Помимо работы в университете и Биологическом институте, Д. А. Сабинин являлся консультантом Пермской опытной сельскохозяйственной станции. Здесь он проводил исследования в тесном контакте с агрохимиком профессором А. Ф. Тюлиным.

¹⁴ Генкель П. А., Оборин А. И., Глумов Г. А., Колотова С. С., Данили Е. М. Материалы по изучению и мелиорации солонцов. — Тр. Биол. науч.-исслед. ин-та при Пермском ун-те, 1935, т. 3, вып. 1/2, с. 18.

Следует отметить, что Сабинин играл большую роль в пропаганде передовых для того времени методов исследования рН и гН. В 1924 г. он прочел по этому вопросу специальный курс, который прослушали не только студенты, но и многие преподаватели университета. Большим успехом у студентов и аспирантов пользовались реферативные семинары в лаборатории. Их вел Сабинин. Стремясь воспитать настоящих исследователей, он учил сотрудников лаборатории критическому отношению к любой научной работе, показывал примеры совершенных в методическом отношении работ, приучал к выступлениям и докладам. Ученый заражал аудиторию своим энтузиазмом в науке, советовал пристальнее следить за ее развитием. По словам Наугольных, этот период научно-педагогической деятельности Д. А. Сабинина — «период расцвета научной жизни кафедры физиологии растений Пермского университета»¹⁵. В 1928 г. в Ленинграде состоялся Третий всесоюзный съезд ботаников. Одной из характерных черт съезда было участие в его работе представителей ряда научных школ, сложившихся на периферии. Из Воронежа приехал профессор Б. А. Келлер с группой своих сотрудников, из Средней Азии — профессор А. В. Благовещенский со своими учениками, из Киева — академик Е. Ф. Вотчал и из Перми — Д. А. Сабинин с сотрудниками и учениками. Сабинин сделал на съезде обобщающий доклад о новом принципе изучения минерального питания по анализу сока плача (пасоки). Его ученики в своих выступлениях коснулись развития этих представлений в ряде конкретных работ. Таким образом, Пермский университет был хорошо представлен на этом высоком научном форуме.

Однако соображения Сабинина по осмотической теории плача подверглись критике со стороны Е. Ф. Вотчала, считавшего, что плач связан с электрическими явлениями в растении, и В. Н. Шапошникова, утверждавшего, что плач — это патологическое явление. Сабинин достойно отвечал своим оппонентам, и явное сочувствие аудитории было на его стороне. Последующее развитие науки показало его правоту в данном вопросе, и осмо-

¹⁵ Наугольных В. А. Научная деятельность Дмитрия Анатольевича Сабинина в Перми, с. 79.

тическая теория плача до сих пор является основной в объяснении этого процесса в растительном мире¹⁶.

Работа Д. А. Сабинаина «О корневой системе как осмотическом аппарате» получила высокую оценку целого ряда ученых. Так, Н. А. Максимов, получив эту книгу, писал Сабинину:

«Дорогой Димитрий Анатольевич!

Я Вам очень благодарен за присылку крайне интересной книги Вашей, которую считаю крупным событием в нашей ботанической литературе. Очень просил бы Вас прислать ее В. А. Рыбину и И. В. Красовской, которые ею очень заинтересованы. Выслать можно по моему адресу. На днях пришлю Вам свою книгу.

28 декабря 1925 г.

Ваш Н. Максимов»¹⁷.

Один из основателей журнала «Протоплазма» — известный австрийский ботаник Фридрих Вебер (Грац) прислал Сабинину следующее письмо:

«Глубокоуважаемый господин профессор!

Я приношу Вам глубокую благодарность за Ваше письмо от 17/II—1927, а также за отписки работ из Вашего

¹⁶ В последнее время появились работы, в которых показано, что наряду с осмотическими силами большую роль играет неосмотическое поступление (до 50% и выше) воды за счет активного выдавливания воды в сосуд корня. Это сокращение связано с наличием сократительных белков. О пульсации клеток как двигателях водного тока писал индийский физиолог Бос. Современные результаты исследований по внеосмотическому пути поступления воды сведены и разобраны в ряде работ Л. В. Можяевой с сотрудниками: *Можяева Л. В., Бульчева Е. М.* Выделение сократительного белка из корней тыквы. — Докл. ТСХА, 1970, вып. 160, с. 149; *Можяева Л. В., Пильщикова Н. В.* О природе процесса нагнетания воды корнями растений. — Докл. ТСХА, 1972, вып. 3, с. 3; *Можяева Л. В., Пильщикова Н. В., Зайцева Н. В.* Изучение сократительных свойств клеток корня в связи с ритмичностью плача растений. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 1, с. 3. Совсем недавно появилась публикация о роли неосмотического пути плача: *Синицына З. А., Пейсахзон Б. И., Жолкевич В. Н.* О неосмотическом компоненте корневого давления. — Докл. АН СССР, 1977, т. 232, № 1, с. 252. Авторы останавливали плач непроницающим в растение-осмотике. Они установили, что неосмотический компонент составляет около половины корневого давления. Этот компонент энергезависим: он сильно уменьшается при ослаблении сопряжения окисления и фосфорилирования под влиянием 2,4-динитробензола.

¹⁷ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 120.

ин-та. Я также вышлю Вам в ближайшее время некоторые мои работы. С июля месяца 1926 г. выходит основанный мною интернациональный журнал „Протоплазма“. Я буду очень рад, если Вы, господин профессор, пришлете некоторые работы из Вашего ин-та для публикации в журнале „Протоплазма“.

24 марта 1927.

С глубоким уважением Ваш *Ф. Вебер*¹⁸.

Профессор Донан в письме от 26 февраля 1926 г. благодарил Сабинина за работу «О корневой системе как осмотическом аппарате». «Хотя я, — отмечал Донан, — не могу прочесть ее по-русски, я ее понял по оглавлению вашей работы и данному на английском языке краткому содержанию, — это свидетельствует о том, что Вы сделали серию очень важных и интересных исследований по проблеме распределения электролитов между пасокой растений и внешней средой. Мне она была особенно интересна, так как Вы использовали опубликованную мной теорию мембранного равновесия. Мне особенно интересно, можете ли Вы показать количественно существование такого равновесия в системе, которую Вы изучаете.

Желаю Вам успеха в дальнейших исследованиях.

Искренне Ваш *Донан*¹⁹.

«Уважаемый господин Сабинин! — писал ученому 15 октября 1926 г. американский исследователь Роббинс. — Под отдельной обложкой я посылаю черновой материал для публикаций, которые могут быть полезны для работы «Изоэлектрические точки в тканях растений». Я очень сожалею, что у меня уже не осталось печатных оттисков.

Благодарю Вас за проявленный интерес и надеюсь, что Вы включите мое имя в Ваш обменный лист.

Искренне Ваш *Роббинс*.

Председатель, Отделение Ботаники,
Миссурийский университет, штат Колумбия»²⁰.

С теплыми словами обращался к Сабинину польский ученый, профессор Никлевский:

¹⁸ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 97. Пер с нем.

¹⁹ Там же, д. 105. Пер. с англ.

²⁰ Там же, с. 136. Пер. с англ.

«Глубокоуважаемый коллега!

Я получил Ваши и Ваших учеников работы, и меня очень радует, что в отношении механизма поглощения зольных веществ зеленых растений проведены столь основательные исследования в русской лаборатории. Это для меня очень приятный знак расцвета культурной жизни в России. Оттиск работы моего ассистента Леманчика я Вам вышлю.

С высоким уважением
и коллегиальным приветом
Ваш *Никлевский*»²¹.

Как видим, исследования Д. А. Сабинаина по физиологии корневой системы вызвали огромный интерес. Ученому была присуждена премия Комиссии содействия ученым. Наркомпрос направил его в командировку в Париж для ознакомления с новейшей литературой и работой французских ученых в области физиологии растений. Следует отметить, что в то время зарубежные поездки советских ученых, особенно работавших на периферии, были очень редкими.

Сабинин находился во Франции с 9 апреля по 1 июля 1927 г. В поездке его сопровождала десятилетняя дочь Марина. За время командировки он посетил ряд научных учреждений Парижа. Прежде всего он отправился к своему университетскому товарищу Безсонову. Последний исследовал влияние азотфиксирующих бактерий азотобактера и клубоциума на развитие кукурузы в стерильной культуре. Советский физиолог основательно ознакомился с проводимыми в лаборатории Безсонова опытами.

Огромный интерес Сабинаина к международной жизни, к текущим событиям определил его отношение к борьбе французского пролетариата, в первую очередь рабочих-коммунистов Парижа. По словам Сабинаина, он «постоянно посещал рабочие собрания в пригородах Парижа и внимательно следил за политической жизнью Франции». О заграничных впечатлениях Д. А. Сабинаина лучше всего говорят его письма к Е. Г. Мининой. Наполненные подлинным патриотизмом, они доносят до нас поэтическое восприятие ученым увиденного мира. Ниже приводятся выдержки из некоторых писем:

²¹ Там же, д. 127.

«Мы сидим на вокзале и можем почувствовать одно — мягкость пейзажа. Тихо. Снега — ни следа. Весеннее небо. Дует ветер с моря. Западный ветер. На фоне старых кварталов особенно понимаешь обаяние самого стиля — готики...

... 16 апреля 1927 г. Коломб.

Сейчас я сижу в Коломб в лаборатории моего друга. Коломб, где мы сейчас живем, это небольшое местечко, о котором ты составишь себе представление по открытке. Тесновато здесь, один домик вплотную около другого. Садики между домами, правда, очень хороши, фруктовые деревья: яблони, груши, абрикосы — все это сейчас в цвету. Сирень зацветает на днях. Улицы узкие, но идеально мощены, по которым шныряют на велосипедах и мотоциклах парижские мальчики.

Внутренний уклад жизни у Безсоновых очень удобен с точки зрения внешнего комфорта, но уж чересчур буржуазен, размерен. Возьми хотя бы характерную черточку — ложатся спать в 10 ¹/₂ час. вечера. Дома прислуга и лакей. Мебель, обстановка, свой дом и всякие буржуазные трюки.

Не во всем мы сходимся с моим старым приятелем, но я рад все же, что он советски ориентированный человек и взял себе советский паспорт. Здешние эмигранты всячески избегают его „как большевика“.

Мой Н. А. потащил меня к себе в лабораторию и там меня очень долго просвещал обо всем, что он делает. По правде сказать, на меня произвело просто ошеломляющее впечатление то, как он сумел много сделать и широко поставить работу.

Безсонов задался выделить из растения все витамины в возможно чистом виде. Это ему удалось. Важнее всего, что он вел выделение витаминов в аппаратах заводского типа. Исходные количества, например капусты и томатов, определялись в 15 пудов.

Выделение производилось им с целью получения возможно чистого препарата, с одной стороны, а с другой стороны, с целью получения заведомо не вполне чистого препарата, но такого, который был бы недорог. Препараты Безсонова подвергали проверке в парижских клиниках и они дали поразительные результаты. В этом году производится проверка препаратов витаминов в клиниках и

в случае подтверждения прошлогодних результатов препарат будет пущен в продажу.

Какая захватывающая перспектива, если бы удалось Н. А. Безсонову дать препарат, который позволил бы сносно существовать нашим несчастным северным народам, несмотря на отсутствие овощей. Для нашего севера ведь это было бы просто эпохой.

Мне было радостно, что такая важная работа в руках русского, в руках моего близкого друга. Жалко, что он не работает в России...

...13 мая 1927 г. Париж.

Ведь я уже месяц во Франции. Вчера первый раз я был на политическом собрании. Социалистическая партия (французская секция 2-го Интернационала) созвала в Шатенэ (местечко около нас) собрание. На нем выступали Лонгэ (зять Карла Маркса) секретарь 2-го Интернационала и один из депутатов французского парламента, Деад, со стороны социалистов; со стороны коммунистов — рабочий Фонтенэ. Публики было человек 500—600. Преимущественно рабочие. Первым говорил Лонгэ. Он прекрасный оратор. Распространялся на тему о надвинувшейся реакции, совершающей натиск на коммунистов, левых вообще, говорил о Китае, но обо всем вскользь, удивительно бесцветно и при случае критиковал коммунистов. Толпа временами шикала. Как меры борьбы против фашизма не предлагал ничего, говорил только, что надо бороться внутрипарламентским путем.

После него выступал Деад, который почти исключительно остановился на финансовых мероприятиях французского правительства, приведших, правда, к поднятию франка, но поставивших страну в полную зависимость от кучки банкиров, творящих сейчас свою волю. Опять-таки правильный диагноз, правильный анализ положения, но никакого выхода.

Последним — коммунист Фонтенэ. Молодой талантливый человек необыкновенно ловко показывал в своей речи, как социалисты всегда в прежние годы, да и теперь, поддерживая правительство в трудные моменты, предпочитали блок с правыми, нежели коммунистами. Теперь же, видя бессилие правительства перед кучкой банкиров и подготавливая выборы, предстоящие в 1928 г., социалисты выступают с критикой.

Фонтенэ очень ловко и хорошо говорил, что ставить исход борьбы за социализм в парламентские рамки, значит губить дело... Сказал, между прочим, несколько верных и теплых слов о России. Аудитория восторженно прерывала его несколько раз. В заключительном слове Деад позволил себе сказать, что вот, мол, ведь неясно, что такое коммунистический идеал, так как в России собственно сейчас нет демократии. В зале поднялось нечто невообразимое. Представь себе экспансивных французов в состоянии негодования. В течение нескольких минут стоял такой гвалт, что ничего нельзя было разобрать. Собрание дальше уж нельзя было вести.

Это собрание и вообще вся обстановка, в которой здесь ведется коммунистическая борьба, заставляет расти мои симпатии к партии. Тут есть официальная группа имеющих особые билеты — это «sympatisant», т. е. сочувствующие.

В смысле моих настроений я буду новым, иным, когда вернусь. Постараюсь я и тебе передать, как сумею, то, что коплю.

Видишь ли, героический период у нас позади. Мы видим партию за повседневной работой... героическая борьба там, на Востоке... и здесь... И вот теперь, здесь, для меня не на словах, слышанных извне, а на словах, мной самим выношенных, я чувствую мировой размах движения. Движения, полного героизма, борьбы.

Забрел в Парижский университет — Сорбонну. Естественно, направился в ботаническую лабораторию, где познакомился с приват-доцентом Комбом, работающим по вопросу об обмене минеральных и органических веществ в листе. У меня были с собой оттиски. Быстро у нас установился разговор. Осмотрел их лабораторию. Во вторник приглашен на защиту дипломной работы по минеральному питанию. Чуждо и странно как-то все у них. Но много хорошего. Например, у всех студентов-физиологов практикум с количественными аналитическими определениями...

... 23 мая 1927 г. Париж.

Здесь есть один ботаник Demoussy, профессор Агрономического ин-та. Он ходил смотреть, как я срезаю растения, собираю сок и, наконец, сегодня говорит, не соглашусь ли я, кроме своей работы, еще и с ним сделать

несколько определений Cl , NO_3 , PO_4 в пасоке. Он технически делает определения. Мне было настолько неловко, он старик, ему под 60—70 лет, но отказаться тоже неудобно. Он прекрасный человек и очень мне нравится. Я согласился, и на днях мы начинаем... Demoussy хочет из определений веществ в пасоке сделать небольшую работу...

... 29 мая 1927 г. Париж.

... Сейчас поздний вечер, близится полночь, мы вернулись с Мариной из Парижа, где были на выставке садоводства... Я жажду жизни, жизни... здесь среди всего, что меня окружает, — античная скульптура, картины Ренессанса, памятники ученым и вождям — я ищу ее, живую жизнь, среди мертвых зданий, то, что сможет творить и строить в нашей жизни высоко, как стрелы готических соборов, вознося свой порыв.

Третьего дня в палате депутатов был большой день, обсуждался запрос депутата коммуниста Вайян-Кутюрье по поводу речи Сарро, который говорил об Алжире и призывал бороться с коммунизмом как врагом Франции.

Запрос поддерживал коммунист Кашен. В своей речи, блестящей речи, он сказал слова, которые сейчас и впредь будут для меня и для тебя лозунгом, символом. Он сказал: «Вы, роялисты, имели свои дни борьбы и успехов. Вы, республиканцы, имели Ваши победы, Вы, бонапартисты, знали великие дни в прошлом. Вам хочется сказать — книга великой истории кончена. Но Вы ошибаетесь, пролетариат не откажется от своего права бороться за власть»...

... 10 июня 1927 г. Париж.

Каждый день со смешанным чувством боязни и омерзения открываешь газеты. Что еще за пакости творят по отношению к нам. Чувство омерзения поддерживается здесь буржуазными газетами, полными необычайных гадостей по нашему адресу...»²².

²² Личный архив Е. Г. Мининой.

Командировка за границу не только способствовала близкому знакомству Д. А. Сабинина с французской наукой и рядом ее представителей, а также с новой научной литературой. Поездка во Францию, несомненно, сказалась на росте политического сознания ученого: заметно окрепли его политические чувства. Следует отметить, что Сабинин на протяжении всей жизни проявлял глубокий интерес к общественной жизни. И наиболее ярко эта черта ученого проявилась, как мы видели, именно во время его кратковременной командировки за границу.

По возвращении в Россию Сабинин выступал в Перми, а затем в г. Троицке с публичной лекцией о поездке во Францию. В отчете Каневского, опубликованном в местной троицкой газете, давалась высокая оценка этого «зрелого политического выступления, проникнутого чувством глубокой любви к своей стране».

В 1923 г. Д. А. Сабинина избрали действительным членом немецкого Общества ботаников, а в 1926 г. — членом французского Общества биологической химии. В 1928 г. он получил командировку в Ленинград в качестве ученого-специалиста отдела земледелия Государственного института опытной агрономии. Вместе с ним там работали его сотрудники О. М. Трубецкова, Е. Г. Минина, О. Ф. Туева.

В следующем году Сабинин расстается с Пермским университетом. Он переехал в Ташкент, где до 1931 г. заведовал отделом физиологии растений и микробиологии Среднеазиатской станции удобрений, а с 5 апреля 1930 по 15 марта 1931 г. — отделом физиологии НИХИ. Кроме того, ученый читал лекции в Ташкентском университете.

В Ташкенте Сабинин продолжал работу по фундаментальным вопросам физиологии растений, сочетая ее с исследованиями, направленными на повышение урожайности хлопчатника. В соавторстве с Д. А. Харьковым он составил справочное руководство по применению удобрений под хлопчатник, в котором был обобщен опыт химизации земледелия в хлопковом хозяйстве нашей страны.

В начале 30-х годов Д. А. Сабинин переехал в Москву и первое время заведовал лабораторией физиологии растений в Научном институте по удобрениям ВСНХ (в настоящее время НИУИФ МХП СССР). В то время здесь над созданием научных основ применения удобрений

ний в различных почвенно-климатических районах страны работали Д. Н. Прянишников и А. Н. Лебедев. Сабинин принял деятельное участие в их исследованиях. Летом 1931 г. работал по поручению НИУИФ: проводил наблюдения на Энгельгардтовской опытной станции в Батищеве (Смоленская обл.), где профессор М. А. Энгельгардт в прошлом столетии ставил полевые опыты с минеральными удобрениями и фосфоритами.

По приглашению Сабинина я посетил Энгельгардтовскую станцию. Мне посчастливилось не только наблюдать опыты, поставленные Сабининым и его сотрудниками (С. С. Баславской, Е. Г. Мининой и др.), но и совершить с ним поездку в пос. Николо-Погорелое, расположенный на берегу Днепра, где в то время размещался Сельскохозяйственный институт прядильных культур. Там, на кафедре ботаники, которой заведовал профессор А. В. Жуковский (впоследствии работал в Пермском, а затем Киевском педагогических институтах), должность ассистента занимал ученик Д. А. Сабинина Н. Г. Потапов. Поездка в Батищеве оставила во мне хорошие воспоминания. Она еще раз продемонстрировала горячее стремление Сабинина поставить достижения науки на службу практике.

Вскоре Д. А. Сабинин перешел во Всесоюзный институт удобрений, агрохимии и агропочвоведения (ВИУАА) заведующим лабораторией, где с перерывами он проработал до 1941 г. Одновременно он долгое время возглавлял кафедру физиологии растений в МГУ, а с 1938 до 1941 г. заведовал по совместительству лабораторией минерального питания в Институте физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР. В 1935 г. Д. А. Сабинину без защиты диссертации была присвоена ученая степень доктора биологических наук.

Долгие годы работы Д. А. Сабинина в учреждениях сельскохозяйственного профиля позволили ему тесно связать свои исследования с практикой сельского хозяйства. «Большое и ценное научное наследие Д. А. Сабинина, — писал Э. И. Шконде, — уже сыграло выдающуюся роль в развитии нашего земледелия и в подготовке кадров научных работников и специалистов агрономов. Это наследство является ценным вкладом в сокровищницу советской и мировой агрономии. Долг его учеников и последователей, работников опытных учреждений и органов управления сельским хозяйством полнее использовать в своей

научной и практической работе прогрессивные методы и приемы сабининской физиологической школы»²³.

Уйдя из Пермского университета и работая в Ташкенте и Москве, Д. А. Сабинин продолжал готовить кадры молодых ученых. В числе его учеников можно назвать: М. А. Али-Заде, С. С. Андреевко, Т. Ф. Андрееву, А. К. Белоусову, Ф. З. Бородулину, И. Е. Быкова, И. А. Волкова, Н. В. Войтенко, А. Г. Гебгардт, П. А. Генкеля, Д. М. Головки, Н. А. Гусева, В. А. Гусеву, М. Г. Зайцеву, Л. П. Жданову, В. Н. Жолкевича, С. Г. Ильина, К. А. Еремич, А. Ф. Клешина, М. М. Колосова, С. С. Колотову, М. Г. Колотову, Н. Н. Крюкову, С. В. Кушниренко, В. М. Лемана, Л. С. Литвинова, П. Г. Марсакову, Е. Г. Минину, А. М. Осипову, Е. К. Павлинову, Н. М. Панкратову, Л. Я. Полозову, М. И. Попову, Н. Г. Потапова, Н. А. Сатарову, О. С. Семенову (Энгель), О. А. Семихатову, Н. З. Станкова, Н. К. Тильгора, Н. А. Тодорова, О. М. Трубецкову, О. Ф. Туеву, Ю. Л. Цельникер, В. В. Церлинг, В. И. Цивинского, Г. М. Чихачеву, В. С. Шардакова, И. Л. Шидловскую, Г. Д. Шоклендер, М. В. Юферову и др. Наиболее продолжительное время (с 1925 по 1929 г. в Пермском, а с 1932 по 1948 г. в Московском университете) работала с учителем Ольга Михайловна Трубецкова (1902—1973). Прекрасный методист и эрудированный специалист, она помогала Дмитрию Анатольевичу во многих начинаниях, в проведении большого практикума для студентов-физиологов растений и в руководстве дипломными работами. Ольга Михайловна была очень честным и принципиальным человеком. После кончины Д. А. Сабинина она продолжала развивать его идеи²⁴.

После своего отъезда из Перми Д. А. Сабинин дважды посещал дорогой сердцу город. В 1935 г. он по приглашению университета прочел специальный курс лекций по физиологии роста и развития, легший в основу его будущей книги «Физиология роста и развития растений», изданной, к сожалению, в 1963 г. уже после кончины ученого. Курс лекций пользовался большим успехом

²³ Шконде Э. И. Значение работ Д. А. Сабинина для агрономии. — Бот. журнал, 1957, т. 42, № 7, с. 1129.

²⁴ Генкель П. А., Жолкевич В. Н., Туева О. Ф. Исследования О. М. Трубецковой по физиологии корневой системы. — Физиология растений, 1974, т. 27, вып. 4, с. 844.

у студентов и многих преподавателей университета. Студенты группы физиологии растений даже с удовольствием сдали по нему экзамены, хотя он и не входил в обязательную программу. В 1936 г. он приезжал в Пермь для участия в праздновании 20-летия университета.

В 1946 г. Сабинин совершил поездку на Памир (см. его докладную записку в Приложении). Его встречи с местными физиологами, несомненно, способствовали развитию работ в этой области науки. С февраля 1949 г. Сабинин работал старшим научным сотрудником в Институте океанологии АН СССР. Он переехал в Геленджик, где на Черноморской научно-исследовательской станции АН СССР и проработал вплоть до своей гибели 22 апреля 1951 г.

В последние годы жизни, приезжая в Москву, он всегда посещал мой дом и мы подолгу беседовали. Уже тогда чувствовалась его неудовлетворенность работой: он исследовал рост и накопление органического вещества у бурой водоросли цистозире, а мечтал экспериментировать с высшими растениями, с которыми имел дело в течение всей своей жизни.

В 1957 г. Д. А. Сабинину (посмертно) была присуждена премия Президиума АН СССР за книгу «Физиологические основы питания растений» (1955 г.).

Лекции Д. А. Сабинаина всегда отличались глубоким содержанием, полнотой литературных источников, живостью и непринужденностью изложения. Однако на первых порах, когда он был еще доцентом, его лекции не всегда легко воспринимались студентами, особенно первокурсниками. Впоследствии в МГУ, где мне пришлось неоднократно слушать лекции Сабинаина, они уже были значительно более совершенны в педагогическом плане и всегда представляли огромный интерес не только для студентов, но и для аспирантов, ассистентов и научных работников.

Еще работая в Пермском университете, Сабинин неоднократно подчеркивал, что студент, посещающий лекции, должен предварительно проработать учебник, а лектор дает ему сведения, которых в учебнике не было. Вряд ли это было правильным с педагогической точки зрения. Однако студентов, привлекавшихся к научной работе, такие лекции, несомненно, устраивали, например, студенты-естественники, находили в них источник живого и вдохновенного посвящения в науку, в то время как будущие агрономы, которым на первой лекции преподносили все тонкости химизма спиртового брожения или изложение оригинальных работ С. Н. Виноградского по нитрификации, смущались и не могли понять оригинальности подхода лектора.

В целом лекции Д. А. Сабинаина отличались богатством содержания, глубиной теоретических выводов и критическим изложением предмета. И. И. Колосов и О. М. Трубецкова, характеризуя Дмитрия Анатольевича как лектора, пишут: «При чтении курса физиологии растений с особым подъемом, строгой логичностью, глубиной и

яркостью мыслей он излагал раздел дыхания. Глубокое знание данного вопроса и всей истории физиологии растений позволяет ему с исключительной отчетливостью выявлять приоритет русской науки в разработке столь важной для общей физиологии отрасли знания. С большой любовью обрисовывал он образ своего учителя — основоположника учения о дыхании — В. И. Палладина. Основные черты творчества В. И. Палладина — «работа на передовых позициях» (по выражению С. Д. Львова) — были характерны и для самого Дмитрия Анатольевича. Энтузиазм и страстность в научной работе, которыми он заражал всех своих учеников, сочетались у него с любовью к тонким экспериментам и строгим критическим подходом, как к методике, так и к оценке получаемых результатов. Последним качеством Д. А. Сабинин во многом обязан профессору А. А. Рихтеру, который непосредственно руководил молодыми исследователями, работавшими в лаборатории В. И. Палладина»¹.

Ярко и впечатляюще описывает лекции Д. А. Сабинина по росту и развитию растений его бывший студент К. Ф. Калмыков, ныне доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии растений Пермского сельскохозяйственного института им. Д. Н. Прянишникова:

«Лекции Д. А. Сабинина по развитию растений были начаты в Пермском университете 25 марта 1935 г. в большой физической аудитории. В лекциях Д. А. Сабинина были ярко выражены свойственные ему живость изложения и глубина мыслей, точность определений и шутливые „лирические отступления“.

Д. А. Сабинин много писал на доске, делал рисунки и приводил цифровые таблицы, много рассказывал о тонкости методических приемов в постановке опытов. Мы слышали об опытах Гасснера, Максимова, Лысенко, Гарнера и Алларда, Любименко, Шталя, Нибурга, Хаммерлинга, Шехтера, Шаффнита, Первис, Куперман, Холодного, Серейского, Уайта, Красинского, Успенского, Крокера, Циммермана и Гичкока, Флемион, Грегори, Мак-Кинни и Сандо, Эвери, Разумова, Васильева, Рих-

¹ Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 476.

тера, Бассарской. Были разобраны примеры использования при анализе роста математические формулы Робертсона, Блекмана и Гексли. Перед нами прошли опыты с разнообразными растениями от хозяйственно важных (пшеница, картофель, клевер, люцерна, просо) до декоративных (мак, гелиотроп, гортензия, герань), от деревьев (яблоня, рябина, липа) — до маленьких растений (ряска, водоросли ацетабулярия, гриффиция). Наряду с разбором экспериментальных данных в лекциях было много теоретических обобщений, в связи с чем разбирались взгляды Тимирязева, Клода Бернара, Клебса.

Нас, студентов, особенно, восхищало использование в лекциях самых новых по времени публикации работ, в том числе зарубежных ученых. Так, Д. А. Сабинин рассказал нам о содержании только что опубликованной работы английской преподавательницы Первис, которая подробно изучала «вернализацию» (яровизацию) озимых, причем широко использовала препарирование развивающихся зачаточных колосьев. Летом того же года, выполняя дипломные работы в Троицком заповеднике, мы уже использовали этот прием добывания зачаточных колосьев, показывали их под лупой экскурсантам-колхозникам, чем их восхищали.

Интересно рассказывал Сабинин об опытах Хаммерлинга с водорослью ацетабулярия, доказавших роль ядра в развитии, так же интересным был рассказ об опытах Крокера, Циммермана и Гичкока о действии этилена на геотропизм у растений, что впервые изучал русский физиолог Нелюбов еще в 1910 г.

В лекциях Д. А. Сабинина были ссылки и на работы пермских ученых — П. А. Генкеля, Л. С. Литвинова, С. С. Колотовой, биохимика А. И. Алексеева, зоолога П. Г. Светлова (об организаторах развития яйца животных).

О работах Лысенко по яровизации Сабинин говорил с большим одобрением, особенно о его первой работе, сделанной в Гандже. Сабинин отдавал должное его заслугам. Так, он считал его заслугой установление различий в понятиях рост и развитие, но тут же критиковал его за утверждение о независимости развития от роста, за отрыв роста от формообразования. Он критиковал также Лысенко за «жесткие» догмы незаменимости факторов развития и необратимости развития.

В лекциях, прочитанных в Перми, начала кристаллизоваться у Сабинаина будущая его монография „Физиология развития растений“².

Для оценки деятельности профессора, преподающего в вузе, важна еще одна ее сторона — умение формировать будущего специалиста в той или иной отрасли науки. И надо отдать должное Д. А. Сабину: в этом деле он был на огромной высоте. Ученый пользовался любой возможностью, чтобы научить своих учеников самостоятельному мышлению, умению проявлять инициативу при решении важных вопросов, серьезному критическому отношению к литературе и пр.

Очень важно, чтобы в творчестве научного руководителя имелись стержневые идеи, которые в дальнейшем могли развивать его ученики, продолжая тем самым дело учителя. Именно такой была идея о значении корневой системы в поглощении и переработке веществ, которую Сабинин разрабатывал в период работы в Пермском университете. Результаты наблюдений он обобщил в большом экспериментальном труде «О корневой системе как осмотическом аппарате» (1925 г.). Вокруг этой важной проблемы формировались в то время работы его учеников, она позволила Д. А. Сабину создать научную школу по вопросу поглощения, переработки и передвижения веществ корневой системой. Концепция, предложенная Сабининым, в дальнейшем значительно расширилась и привела его к ряду практических выводов.

Д. А. Сабинин поражал всех превосходным знанием научной литературы. Случалось, что его литературная эрудиция просто озадачивала нас, тогда еще новичков в науке, своей, как нам казалось, парадоксальностью. Фактически в этом проявился динамический подход Сабинаина к изучению источников. Он мог утром порекомендовать вам какую-нибудь статью, а вечером при ее обсуждении посоветовать прочесть другую — более интересную в этой области, с которой он только что сам познакомился. В тот момент мы слегка ворчали на непостоянство нашего шефа, не понимая, что он находится в бурной полосе новых исканий. О нечто похожем говорит артист К. П. Хохлов, имея в виду творческий почерк К. С. Ста-

² Текст воспоминания К. Ф. Калмыкова хранится в архиве автора.

ниславского: «Константин Сергеевич находился в процессе исканий, сам не мог на чем-либо задержаться и укрепиться и с безудержной фантазией неся вперед к новым и новым проверкам, пробам. А нас, не поспевающих за ним, подчас совсем сбивал с толку и приводил в полное отчаяние. Сегодня полностью отрицалось то, что еще только вчера признавалось за истину. А назавтра выдвигалось совсем новое, неожиданное положение. У нас голова шла кругом, и мы иногда доходили до полного отупения»³.

В то же время Сабинин отличался большой собранностью при организации своей работы. Например, для более удобного и точного пользования необходимой литературой он придумал оригинальную форму карточки, по которой и вел свою картотеку реферируемых работ. Не удивительно, что в 30-е годы многие считали Д. А. Сабинина наиболее эрудированным физиологом растений.

Очень тепло вспоминает о Д. А. Сабинине как преподавателе и научном руководителе его ученик, ныне доктор сельскохозяйственных наук Н. З. Станков. В какой-то мере его рассказ знакомит нас с Сабининым — руководителем лаборатории ВИУАА:

«В 1933 г. нас, студентов-агрохимиков ТСХА академии, распределили на дипломную практику. Большинство попали в недавно организованный институт — ВИУАА, а там я и Н. А. Гусев пошли в лабораторию физиологии растений, которой руководил профессор Д. А. Сабинин. За летний период мы хорошо ознакомились с работой лаборатории, ее коллективом и с Д. А. Сабининым. Он обычно являлся в институт с рюкзаком на спине, наполненным книгами. В лаборатории регулярно, даже в летний период, проводились семинары, на которых сотрудники делали доклады по литературе, полученной главным образом из мешка Д. А. Сабинина. Мы обычно ограничивались вопросами, а Д. А. частенько критиковал наши агрохимические каноны.

На следующий год, после окончания ТСХА, нас оставили в аспирантуре, и мы пошли в лабораторию Д. А., где провели 3 года. Надо сказать, что учиться у Д. А. было трудно, он был не из тех, которые за ручку водят.

³ Народный артист СССР К. П. Хохлов. Киев: Мистецтво, 1968, с. 168,

Некоторые подходили к нему с тетрадкой и просили помочь рассчитать питательную смесь для опыта. Он смеялся и говорил: „Что Вы, да я сам ничего не знаю, попросите кого-нибудь из сотрудников“. Он не контролировал планы сотрудников и предоставлял полную свободу в составлении схем опытов. Но когда просматривал опыты, то критиковал придирчиво. Мы нашли способ, каким образом получить от него указания по интересующим нас вопросам. Из своих агрохимических знаний подбирали известные нам „законы“, „правила“, „теории“ и начинали их защищать. Тогда Д. А. начинал горячиться и нещадно критиковал нас. Таким путем мы многое узнавали от Д. А.

В нашей лаборатории, кроме нас, аспирантов ВИУАА, всегда работали студенты-дипломники МГУ, аспиранты Д. А. из МГУ. Это был многочисленный коллектив молодых сотрудников. У Д. А. был кабинет, но мы, аспиранты, прочно завладели им, так как Д. А. не любил сидеть один, а всегда проводил время с сотрудниками.

В 1935 г. нам — аспирантам и нескольким сотрудникам — удалось выехать с Д. А. на целый месяц в экскурсию на юг. Мы посетили Черноморское побережье, научные учреждения, ходили и ночевали в горах. В научных учреждениях знали Д. А. и поэтому встречали нас очень хорошо. Особенно оживлялся Д. А. в горах, в естественной природной обстановке. Нас удивляла его наблюдательность. Конечно, он многое знал лучше нас, но удивляло нас не это: часто встречались явления и ему незнакомые, и, присматриваясь к ним, он проявлял особый подход, который у нас не возникал.

Аспирантский бюджет вынуждал нас к экономии, и мы покупали самые дешевые билеты на поезд и паром, не заходили в гостиницы, а ночевали в научных учреждениях где-нибудь на веранде. Часто за городом раскидывали на ночь палатку. Все дни кочевья Д. А. проводил с нами, и даже в столовой, где мы брали дешевые блюда, он так же брал такие. Как мы ни экономили, но к концу месяца прожились и перешли на бюджет Д. А. Кочевой месяц на юге до сих пор хорошо помним.

Нормальная жизнь в лаборатории физиологии растений ВИУАА периодически нарушалась приходом всяких комиссий для обследования, представители которых обычно плохо понимали работу лаборатории и чинили всякие надуманные придирки. Надо признать большую

заслугу покойного профессора И. Г. Дикусара, который был заместителем директора института. Он обычно возглавлял эти комиссии и старался отводить острые удары от Д. А.

Помню день 50-летия Д. А. в 1939 г. Отмечали его очень скромно... Собрались в его кабинете и говорили простые слова и пожелания. Очень верно и образно выразил свойство Д. А. как руководителя И. А. Волков: он умеет „пустить ежа под череп человека“ (выражение М. Горького). Сам Д. А. был задумчив и немного грустен...

После защиты диссертации я уехал работать в Хибин, на Полярную опытную станцию. Весной 1941 г. ко мне неожиданно является Д. А. Он был в командировке в Архангельске, где его студенты проводили практику, и заехал ко мне, интересуясь Хибинами. После ночной дороги он отказался от отдыха, и мы сейчас же пошли в горы. По каменистым горным тропам мы порядочно набили ноги, но зато набрали много грибов. На следующий день моросил дождь, но неутомимый Д. А. потащил меня на болотные участки. Вернулись домой мокрые и усталые. Заполярная природа нравилась Д. А. не менее, чем экзотический юг. В этот приезд Д. А. подарил мне свою книгу „Минеральное питание растений“. Он был бодр и энергичен, шутил над своими невзгодами, верил, что все это скоро минует. Он критиковал нашу работу и дал ряд ценных указаний. Мы расстались с Д. А., и надолго.

Война окончилась, осенью 1945 г. я был в Москве и, не снимая шинели, встретил Д. А. Теперь мы собирались в старом МГУ, на кафедре у Д. А. Вечером приятно было зайти в студенческую аудиторию, на лекцию Д. А. Семинары проходили оживленно и интересно, меня Д. А. убеждал подготовить доклад о нуклеиновых кислотах, это было его основным увлечением, но мы за ним не поспевали. Как будто жизнь вернулась в старое русло...

...Весной 1948 г. на очередном Тимирязевском чтении слушали Д. А. Доклад вызвал огромный интерес, но это была „лебединая песня“.

Однажды, идя по городу, я встретил Д. А. и удивился его необыкновенному виду. Он шагал вяло, разбитым шагом, лицо выражало сильное утомление... Он так и не увидел меня. Я хотел окликнуть его, но раздумал. Я знал,



*Брат Д. А. Сабина
Георгий Анатольевич Сабинин*

что он не потерпит сожалений и соболезнований, а сейчас же примет обычный вид шутника и станет смеяться над своим положением... но смех этот будет действительно сквозь слезы. Я смотрел ему вслед, пока он не скрылся среди пешеходов. Я еще не знал, что эта встреча с Д. А. — последняя»⁴.

Все, кто знал Сабина или имел счастье общаться и работать с ним, всегда тяжело переживали разлуку с ним. В 1928 г., когда Сабинин решил покинуть Пермский университет, его ученики и сотрудники обратились к нему

⁴ Рукопись с воспоминаниями Н. З. Станкова хранится в архиве автора.

с трогательным письмом. Они сожалели, что расстанутся с большим, умным человеком, который помог им в выборе пути. В заключение письма говорилось: «Неужели один из „Могикан Заимки“ (район Перми, где находился университет. — П. Г.) уйдет, и мы поплывем, уносимые силой течения? Мы хотим верить и надеяться, что Вы не делаете последнего шага, не бросите еще не вполне окрепшую школу, не бросите своих учеников, друзей и товарищей!»⁵.

Д. А. Сабинин учил своих учеников любить жизнь во всех ее проявлениях. Большое внимание уделял он и разумному досугу. Сабинин увлекался серьезной музыкой, путешествиями. Особенно он любил горы и море. Ученого привлекали и некоторые виды спорта, например парусный. Он имел звание яхтсмена-рулевого⁶. Эти увлечения нисколько не мешали его большой научной работе, которую он вел до конца своей жизни.

Весьма краткую, но очень выразительную характеристику творчества Д. А. Сабинина дал доктор биологических наук А. Н. Данилов. В одном из писем к ученому он благодарил его за книгу «Минеральное питание растений». «...Весьма тронут Вашим вниманием, — писал далее Данилов. — По вине болезни, заставившей меня задержаться с этим письмом, я просмотрел пока только некоторые, наиболее интересные для меня места Вашей книги. Ее драгоценное качество — ясная мысль, которая бьет бурным ключом во всех Ваших выступлениях...»⁷

Действительно, мысль Сабинина всегда была неиссякаемым ключом его творческого вдохновения, являющегося поистине живой водой для его учеников и последователей.

⁵ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 156, 1928.

⁶ Там же, д. 37.

⁷ Там же, д. 103.

Изучение брожения и дыхания

Свою научную деятельность Д. А. Сабинин начал еще будучи студентом на кафедре физиологии растений Петербургского университета под руководством профессора В. И. Палладина и приват-доцента А. А. Рихтера. Его первая опубликованная работа о карбоксилазе дрожжей была проделана весной 1913 г.

Это исследование касалось вопроса о значении коэнзима для процесса сбраживания калийной соли пировиноградной кислоты. Молодой экспериментатор работал с дрожжевым соком по методу Лебедева. Сок подвергался диализу в мешках из слепой кишки овцы в течение 16—20 час. В диализуемую жидкость добавляли толуол, и прибор с диализатором помещался в сосуд с проточной водопроводной водой, позволяющий поддерживать температуру 5—10° С. По окончании диализа в некоторых опытах к диализованному соку прибавлялась прокипяченная водная вытяжка дрожжей (коэнзим).

Цель эксперимента — показать, идет ли брожение без коэнзима, удаляемого при диализе. Из опытов вытекало, что действие всего комплекса ферментов возможно лишь при наличии вещества или веществ, называемых коэнзимом, которые удаляются при диализе.

Хотя уже давно установлено существование у высших растений процесса, аналогичного спиртовому распаду углеводов под влиянием дрожжевой зимазы, но до сих пор, как констатировал Сабинин, неизвестно, насколько подобны эти процессы. Имеющиеся в литературе работы позволяли установить существование одинаковых ферментативных компонентов аппарата брожения высших растений и дрожжей. Следовательно, по мнению ис-

следователя, накапливались данные, говорящие о сходстве ферментов дрожжей и высших растений, и было бы естественным поставить вопрос о существовании в бродильном аппарате высших растений температуростойких, диализирующихся веществ, тождественных с коферментом бродильного аппарата дрожжей.

В заключение Сабинин высказывает благодарность В. И. Палладину и А. А. Рихтеру за руководство работой.

Для выяснения химизма дыхания и спиртового брожения Палладин и Сабинин хотели знать, будет ли пировиноградная кислота разлагаться также и шампиньонами, не способными как к спиртовому брожению, так и, по-видимому, к разложению глюкозы. В. И. Палладин, Д. А. Сабинин (1915 г.) показали, что неспособные к спиртовому брожению шампиньоны тем не менее разлагают введенную пировиноградную кислоту на искусный альдегид и CO_2 . Следовательно, они содержат в себе фермент карбоксилазу. Отсюда следует, что, во-первых, способность организмов или отдельных тканей разлагать пировиноградную кислоту не указывает на их способность к спиртовому брожению и, во-вторых, что карбоксилаза не является исключительно ферментом спиртового брожения.

Химизм дыхания растений представлялся следующим образом: глюкоза после действия на нее целого ряда ферментов без участия кислорода воздуха дает в конце концов пировиноградную кислоту, которая расщепляется карбоксилазой (также без участия кислорода воздуха) на CO_2 и искусный альдегид. Затем при доступе кислорода воздуха альдегид окисляется до углекислоты и воды. В отсутствие же кислорода он при благоприятных условиях восстанавливается в спирт полностью ($\frac{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}}{\text{CO}_2} = 1$), при менее благоприятных условиях (присутствие большого количества водородных акцепторов) — только частично ($\frac{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}}{\text{CO}_2} < 1$) или же спирта не образуется совсем.

В дальнейшем Сабинин продолжал исследования спиртового брожения и дыхания. В частности, он занимался вопросом возможной утилизации молочной кислоты при спиртовом брожении. Обычно молочная кис-



Д. А. Сабинин в молодые годы

лота не сбрасывается при спиртовом брожении. Введя водородный акцептор (метиленовый синий), Сабинин показал, что в этих условиях благодаря восстановлению метиленового синего идет беспрепятственное разложение молочной кислоты: $\text{CH}_3\text{—CH—COOH} + \text{M} = \text{CH}_3\text{CHO} + \text{CO}_2 + 2\text{MH}_2$. Таким образом, он наглядно подтвердил мнение В. И. Палладина о роли акцепторов водорода в процессах брожения и дыхания.

Как видим, Сабинин участвовал в изучении самых основ разрабатываемой В. И. Палладиным теории дыхания, опубликованной в 1916 г. В то время вопрос о наличии восстановительных реакций в процессе дыхания являлся едва ли не самым центральным в изучении этой проблемы. Результаты своих исследований Сабинин сообщил в совместной с В. И. Палладиным и Е. А. Ловчиновской публикации.

Дело в том, что Палладин имел обыкновение поручать разработку одной и той же темы разным лицам

для большей гарантии получения надежных результатов. Сабинин ставил опыты на кафедре физиологии растений Петербургского университета, а Ловчиновская — на Высших женских курсах. Интересно, что их личное знакомство состоялось значительно позднее, очевидно, во время Всероссийского съезда ботаников в 1921 г.

В. И. Палладин воспитал многих выдающихся физиологов и биохимиков растений: О. А. Вальтера, Н. Н. Иванова, С. П. Костычева, Т. А. Красносельскую, С. М. Манскую, Н. А. Максимова, В. П. Мальчевского, А. И. Потапова и др. Большинство их впоследствии с успехом работали в различных областях физиологии растений, оставаясь верными принципам научной школы Палладина.

Работы по дыханию растений сыграли большую роль в становлении Сабинина как ученого. По мнению И. И. Колосова и О. М. Трубецковой, «несмотря на то, что работа Дмитрия Анатольевича во все последующие годы была посвящена другим разделам физиологии растений, он всегда сохранял глубокий интерес к области дыхания, придавая большое значение взаимосвязи дыхания и других процессов, идущих в живом организме»¹. Об этом, в частности, свидетельствует исследование О. Семихатовой (1950 г.) о связи дыхания и водоудерживающей способности растений, выполненное под руководством Д. А. Сабинина.

В дальнейшем Сабинин в своем научном творчестве резко уклонился от направления, взятого в лаборатории В. И. Палладина. Однако он навсегда сохранил глубокий интерес к процессам, которые происходят внутри клеток растений — в их цитоплазме, составляющей вместе с оргanelлами субстрат, где протекают процессы жизнедеятельности растения. Недаром впоследствии Сабинин увлекался физиологией клетки.

О большом внимании ученого к внутриклеточным процессам свидетельствует и его заметка, напечатанная в одном из номеров «Ботанического журнала» за 1948 г., и тезисы его доклада «Основные представления

¹ Колосов И. И., Трубецкова О. М. Научная деятельность профессора Дмитрия Анатольевича Сабинина. — В кн.: Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 475.



Академик В. И. Палладин

об организации протопласта в процессе поглощения веществ растительной клеткой», с которым он собирался выступить на совещании биологов. Тезисы раскрывают взгляды Сабинина на связь организма клетки с ее функциональной деятельностью:

«В физиологии растений, — писал Сабинин, — долгое время господствовало представление о растительной клетке как осмотической ячейке. Основой его служила весьма условная аналогия живой клетки и осмометра. Они привели к формированию определенных представлений о толще протоплазмы как ультрафильтре, о проницаемости протоплазмы как основном факторе, определяющем поглощение веществ, и о диффузионном распространении веществ в протоплазме как процессе прохождения их через протоплазму в вакуоль.

Однако развитие наших знаний в области изучения структур в неживых средах и вопросов организации протопласта заставляет совершенно отказаться от представлений, вытекающих из уподобления протоплазматической толщине мембраны осмометру. Основные черты организации протоплазмы состоят в следующем:

а) протоплазма, являющаяся жидким телом, образует на поверхности пограничные пленки смешанного белково-липидного состава. Плотность размещения молекул в этих пленках такова, что между толщине мезоплазмы и пограничными пленками происходит обмен молекулами. Это обуславливает непрерывное обновление состава пограничных образований, поддерживаемое действием продуктов дыхания и других продуктов обмена на пограничные образования протопласта;

б) в толще мезоплазмы, помимо форменных элементов известных ранее пластид и митохондрий, недавно открыты субмикроскопические образования. Обилие этих последних, их мелкие размеры и химический состав создают в толще мезоплазмы широко развитые поверхности взаимодействия с различными веществами, находящимися в протоплазме;

в) масса мезоплазмы, протоплазматический остов пластид, хондриосом и иных форменных образований обладают структурой, свойства которой могут подвергаться быстрым и значительным изменениям. Имеющиеся в нашем распоряжении экспериментальные данные позволяют заключить, что в протоплазме имеются структуры двойного рода. Возникновение одних из них сопровождается уменьшением свободной энергии. Структуры этого рода могут быть уподоблены неживым структурам, и их свойства могут подвергаться изучению при помощи обычных коллоидно-химических методов, приспособленных к работе в клеточной среде.

Помимо этого, в протоплазме существуют структуры иного рода, возникновение которых приводит к возрастанию свободной энергии составляющей молекулярной системы. Структурообразование этого типа являлось совершенно своеобразной чертой процессов, протекающих в живых организмах. Некоторую аналогию этих структур можно видеть в состояниях, приводящих к возникновению двойного лучепреломления в потоке.



Академик А. А. Рихтер

Свойства и изменения структур этого второго рода не поддаются изучению при помощи обычных физико-химических методов. Пока единственным методом их изучения является митогенетический метод, а именно установление спектров так называемого деградационного излучения.

Источником энергии для поддержания этих энергетических структур, как это допускает Гурвич, является процесс дыхания или иные процессы распада.

Основные представления о процессе поглощения веществ, сложившиеся за последнее время, сводятся к следующему: а) взаимодействие между ионами и молекулами наружной среды и молекулами наружной среды и молекулами пограничной поверхностной пленки протопласта — начальный этап поглощения; б) дальнейшим этапом поглощения веществ является обмен молекулами между плазмалеммой и мезоплазмой. Способность клетки поддерживать процесс поглощения веществ обуславлива-

ется следующими моментами: новообразованием молекул, являющихся акцепторами поглощаемых веществ; наличием эндергических структур, являющихся очагами связывания веществ, поглощаемых клеткой из наружной среды; поляризованностью свойств протопласта, обуславливающих перемещение веществ в пределах клетки (поляриность протопласта поддерживается течением основных процессов жизнедеятельности, и в первую очередь дыханием).

В изложенной схеме совершенно не находят места диффузионные процессы, представление о наличии которых легло в основу создания понятия проницаемости. Поэтому мы должны придавать всем результатам определения так называемой проницаемости только значение учета распределения веществ между клеткой и наружной средой, возникающего на основе различных процессов, ни один из которых не является прониканием, т. е. движением веществ на основе закономерностей диффузии»².

Почвенная микробиология и физиология симбиоза мотыльковых (бобовых) растений

Прежде чем приступить к характеристике основного направления научных исследований Д. А. Сабина, коснемся его работ по почвенной микробиологии. В лаборатории Палладина он прошел прекрасную подготовку в области не только физиологии, но и микробиологии. Надо сказать, что в Петербургском университете микробиологические традиции имели глубокие корни. Этой областью науки интересовались Л. С. Ценковский, А. С. Фаминцын, Х. Я. Гоби³. Из стен университета вышли крупнейшие микробиологи С. Н. Виноградский, Д. О. Ивановский, Г. А. Надсон, Б. Л. Исаченко. Как известно, В. И. Палладин составил учебник микробиологии, А. А. Рихтер был автором ряда микробиологических работ.

Работы Сабина по микробиологии были, несомненно, связаны с чтением курса по микробиологии в Пермском университете. Как известно, в 1924 г. он

² Личный архив автора.

³ См.: *Генкель П. А. Х. Я. Гоби*. М.: Наука, 1976, с. 3.

Сменил А. А. Рихтера на посту заведующего кафедрой и, естественно, стал читать «Общий курс ботаники» на медицинском факультете, а на биологическом — «Анатомию растений и физиологию растений», при этом Сабинин продолжал вести курс по «Микробиологии». Преподавательская работа отнимала у него много времени и сил, мешала научно-исследовательской деятельности. Поэтому в 1927 г. Сабинин передал курс «Анатомия растений» Л. А. Трефиловой (Зиновьевой), а курс «Микробиология» — П. А. Генкелю. Преподавание микробиологии зародило у Сабинина желание провести научные исследования в этой области: он считал обязательным для университетского преподавателя проводить научную работу, связанную с читаемыми курсами.

В 1924 и 1925 гг. появились работы С. Н. Виноградского по новому подходу к изучению почвенных микроорганизмов (микроскопические методы учета микроорганизмов почвы, развитие азотобактера в спонтанных культурах и на пластинах с коллоидной кремнекислотой для изучения азотфиксации). Сабинин решил развивать микробиологические исследования в этом направлении. Вместе с ним я приступил к изучению распространения азотобактера в разнообразных почвах Троицкого округа Уральской области. Работа началась еще до организации Троицкого заповедника — в 1925 г. Сабинин выезжал в Троицкую экспедицию, где проводил сбор почвенных образцов для микробиологического анализа, а в следующем году аналогичные сборы проводил П. А. Генкель. В дальнейшем он продолжил эти исследования в сотрудничестве с Н. Д. Захаровой и Е. М. Данини.

В работе, датированной 1927 г., Сабинин и Генкель установили ряд интересных положений. Оказалось, что для получения сравнительного материала необходимо изучать распределение микроорганизмов по генетическим горизонтам почвы. Вопреки господствовавшему в то время мнению в черноземах Троицкой степи было обнаружено наличие азотобактера. Азотобактер обильно встречался в солонцах, особенно в столбчатом и солевом горизонтах. В солодах азотобактер обычно отсутствовал и наблюдался только в слабо осолодевших солонцах.

Отмеченные факты в отношении богатства засоленных почв (луговых солонцов) азотобактером были установлены еще раньше Б. А. Келлером и А. Ф. Карель-

ской⁴, а позднее в работе Ф. Н. Германова⁵. Эти данные были подтверждены и развиты Н. Н. Сушкиной⁶ в ее монографии.

Дальнейшие исследования в области почвенной микробиологии Сабинин проводил уже в Средней Азии в сотрудничестве с Е. Г. Мининой. Они изучали распространение физиологических групп азотфиксирующих, сапрофитных и целлюлозоразлагающих бактерий по профилю сероземных целинных и окультуренных почв. Распределение бактерий по профилю почвы, как считал Сабинин, является хорошим зональным признаком. Результаты совместной работы Сабинин доложил в 1930 г. на Втором международном конгрессе почвоведов в Москве.

В 1932 г. Сабинин еще раз коснулся вопросов микробиологии в совместной с Е. Г. Мининой статье «Действие высшего растения на микрофлору почвы». В этой работе было установлено, что ризосферные микроорганизмы развиваются в тесном контакте с фазой развития и возрастом растений. У хлопчатника развитие микрофлоры ризосферы связано с наличием его репродуктивных органов.

Для почвенных микробиологических работ Сабинина характерен широкий подход и решение некоторых принципиальных вопросов, к сожалению, до сих пор не получивших достаточного признания. Среди них в первую очередь следует назвать необходимость учета микрофлоры почвы по генетическим горизонтам почвы, дающего действительную и сравнительную характеристику микрофлоры почвы, и изучения не только поверхностного горизонта почвы, но и всего почвенного профиля. Последняя работа ученого, посвященная влиянию высшего растения на микрофлору почвы, уже лежит на грани между физиологией растений и микробиологией.

После вышеупомянутых микробиологических исследований, выполненных Сабининым во время работы

⁴ Келлер Б. А., Карельская А. Ф. Исследования в области географии и экологии почвенных микробов. — Природа и сельское хозяйство засушливых областей СССР, 1931, № 1/2, с. 78—80.

⁵ Германов Ф. Н. Биология и биодинамика солончаков, солонцов и осоложденных почв. — Почвоведение, 1933, № 3, с. 203—208.

⁶ Сушкина Н. Н. Эколого-географическое распространение азотобактера в почвах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1949.

в Средней Азии, а затем — в ВИУАА, он обратился к вопросам симбиоза высшего мотылькового растения с клубеньковыми бактериями. В 1931 г., находясь в Средней Азии, он совместно с Вяловским провел в полевых условиях интересные эксперименты относительно возможности увеличения урожая хлопчатника путем внесения в почву под люцерну в люцерно-хлопковом севообороте гуза-пай (одревесневшие стебли и ветки хлопчатника, оставшиеся после его уборки, обычно употребляются как топливо). Сабинин считал, что внесенная органическая масса, главным образом целлюлоза, разлагаясь почвенной микрофлорой, станет источником дополнительного питания клубеньковых бактерий на сероземных почвах и увеличит фиксацию азота — урожай люцерны, а в дальнейшем и хлопчатника. Опыты подтвердили предложения ученого: урожай сухой массы люцерны возрос на 75%. К сожалению, эта интересная работа не получила дальнейшего практического использования.

В начале 30-х годов М. А. Али-Заде изучал физиологические взаимосвязи мотыльковых растений и клубеньковых бактерий⁷. Он установил, что интенсивность передвижения фиксированного азота у желтого люпина из клубеньков в надземные органы растения-хозяина связана с фазами развития растения. До фазы бутонизации — начала цветения — усиливается накопление азота в клубеньках; после цветения его содержание там уменьшается. В клубеньках кастрированных растений азота накапливалось больше, чем в клубеньках растений плодоносящих. Лабораторные опыты показали: до бутонизации протеолитические процессы в клубеньках заторможены; в фазу полного цветения наблюдался активный протеолиз.

Выяснению взаимосвязи клубеньковых бактерий с высшими растениями были посвящены работы Ф. Ф. Юхимчука (1935 г.) с люпином и красным клевером и Н. А. Гусева (1939 г.) — с красным клевером. В частности, Гусев показал, что раннее внесение небольшого количества азота на фоне полной дозы фосфора и калия увеличивает число клубеньков и повышает урожай сухой массы и семян.

⁷ Али-Заде М. А. Усвоение бобовыми растениями азота клубеньков. — В кн.: Тезисы докладов совещания по физиологии растений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 74.

Таким образом, Сабинин и его сотрудники, исследуя симбиоз мотыльковых растений с клубеньковыми бактериями, показали тесную связь развития этих бактерий с состоянием самого растения, в особенности с интенсивностью фотосинтеза. Эти работы, несомненно, имели большой выход в практику сельского хозяйства; они позволяли точнее устанавливать сроки укоса бобовых растений, внесения удобрений и заправки сидератов.

Физиология корневой системы и минеральное питание растений

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. Это направление исследований Сабинина началось с экспериментов по проницаемости протоплазмы. Проницаемость он поначалу изучал с помощью классического плазмолитического метода, но быстро убедился в его малой пригодности для этой цели: этот метод требовал использования гипертонических растворов. Как известно, в природе они обычно не встречаются — поглотительный орган растения — его корневая система — окружена гипотоническим почвенным раствором. В дальнейшем Сабинин отметил, что соли кальция, поступающие в большом количестве в растение, в условиях плазмолитического метода в растение не проникают. Исследователь воспользовался соком плача и обнаружил быстрое поступление в него солей кальция (анализы проводились с помощью очень чувствительных микрометодов).

Таким образом, Сабинин доказал несостоятельность изучения проницаемости протоплазмы на срезах, опущенных в гипертонический раствор. По его мнению, необходимо обращать внимание на поглощение ионов в гипотонических растворах непосредственно корневой системой. Результаты работы по проницаемости протоплазмы были с большим успехом доложены им на Первом всероссийском съезде ботаников в Ленинграде в 1921 г.

В 20-е годы в биологической науке особенно популярным считался вопрос о влиянии актуальной кислотности

(рН) на растительные организмы. Глубоко вникнув в эту проблему, Сабинин посвятил ее решению несколько работ (одну свою, а две другие в сотрудничестве с С. С. Колотовой и с Е. Г. Мининой; в 1927 г. под его руководством работу на эту тему выполнила С. С. Колотова). Все эти работы далеко опередили по своим положениям аналогичные разработки.

Еще до исследования Е. Е. Успенского⁸, установившего косвенное действие рН на распространение водорослей, где величина рН выступает как фактор растворимости железа, а железо уже является регулятором расселения водорослей в водоемах с более кислой или щелочной средой, Сабинин использовал в своих работах значение рН как одного из факторов минерального питания. И если большинство экспериментаторов того времени стремились лишь установить границы, в которых осуществляется жизнедеятельность организмов, т. е. подходили к проблеме с чисто феноменологических позиций, то Сабинин, наоборот, дал углубленную трактовку влияния рН на поглощение и выделение ионов растениями.

В одной из первых работ Сабинин показал зависимость адсорбции ионов и их эндоосмоса от реакции среды окружающего раствора. Специальная работа была посвящена регулированию растениями реакции наружного раствора. В статье С. С. Колотовой (1927 г.) сообщались результаты опытов с рН, выполненных на растениях кукурузы. Было установлено, что при кислой реакции среды (I I 4—5) в растениях в более значительных количествах поступают анионы (в указанных опытах — P_2O_5), а при щелочной — катионы (K и Ca). Реакция среды сильно сказалась на росте, развитии и урожае кукурузы. Экспериментаторы наблюдали неравномерный приток зольных элементов.

Большой интерес представляет работа, выполненная Сабининым совместно с Мининой (1928 г.). Авторы вдумчиво подошли к изучаемому вопросу, безупречно поставили опыты и тщательно вариационно-статистически об-

⁸ Успенский Е. Е. Железо как фактор распределения водорослей. М.: Изд-во МГУ, 1925.

работали материалы. Прежде всего они отметили способность растения в кислых растворах подщелачивать, а в щелочной среде — подкислять раствор, окружающий корневые системы. В этой связи они подчеркнули регулирующую роль растения — вопрос, который в современной физиологии растений является одним из самых злободневных.

Анализ соответствующей литературы показал, что имеющиеся по этому вопросу данные ненадежны: они получены в процессе длительных опытов, результаты которых маскируются неэквивалентным поглощением ионов. Сабинин и Минина провели кратковременные (от 30 мин. до 2,5 часа) опыты, позволившие сделать ряд важных выводов.

Прежде всего они установили регулирующее действие корневых систем растений на окружающий раствор и отметили значение растворов, уравновешенных в отношении рН. Регулирующее воздействие организма на реакцию среды осуществлено в результате неэквивалентной адсорбции катионов и анионов, экзоосмоса катионов, выделения анионов минеральных и органических кислот. Гречиха — характерное растение из группы усваивающих фосфорную кислоту фосфоритов — не отличается заметно по рН раствора, уравновешенного в отношении кислотности, от растений, не использующих фосфориты. Разница между этими группами растений становится очевидной при изучении зависимости экзоосмоса органических кислот от реакции среды. Так, растения первой группы (усваивающие фосфорит) в зоне равновесного рН выделяют большие количества органических кислот, в то время как экзоосмос органических кислот второй группы в этой зоне резко снижается. Все это, по мнению авторов, свидетельствует о необходимости изучения факторов, регулирующих действия организма на реакцию среды.

Вопросы, связанные с регулирующим действием растения на реакцию раствора окружающей среды, затронуты Сабининым в его монографии «О корневой системе как осмотическом аппарате» (1925 г.). Ученый, в частности, показал, что минеральные ионы (K , Ca , NO_3 , OH_4 , PO_4) проникают в сосуды ксилемы из окружающего раствора и концентрация их в пасоке всегда выше, чем в окружающем корневую систему гипотоническом

растворе⁹. В дальнейшем этот факт был подтвержден работами О. М. Трубецкой (1927 г.), О. Ф. Туевой (1929 г.) и Н. А. Тодорова (1938 г.).

Сабинин также установил линейную зависимость скорости плача растений от осмотического давления наружного раствора. Это позволило ему рассчитать движущую силу плача.

Допустим, что осмотическое давление окружающего раствора, в который погружается корень, равно P_e , а движущая сила плача выражается величиной P_x . Хотя нам точно не известна природа движущей силы плача, мы можем остановить этот процесс действием осмотических сил, т. е. уравновесить неизвестную нам до конца движущую силу плача измерением осмотического давления.

В растворе P_e , в котором изменяется скорость плача, мы можем принять, что движущая сила последнего будет уменьшена на величину осмотического давления наружного раствора, т. е. выразится величиной $P_x - P_e$.

Пусть скорость плача при погружении корневой системы в воду выражается в единицу времени величиной A , а при погружении в раствор с осмотическим давлением P_e — величиной B . Тогда скорость плача под влиянием его движущей силы P_x можно выразить следующим образом: $A = k \cdot P_x$, где k — коэффициент пропорциональности скорости фильтрации воды через плазматические перепонки и клеточные оболочки поглощающих тканей корня. Он равен скорости плача при движущей силе плача, равной единице.

Сказанное выше о возможности сохранить без изменения осмотические свойства аппарата, создающего явление плача, можно выразить в форме математического правила: коэффициент пропорциональности скорости плача не изменяется при переносе корневой системы из воды в раствор, если при обратном переносе растения на воду устанавливается скорость плача, равная его исходной скорости.

Таким образом, мы можем выразить скорость плача в растворе, где сила, обуславливающая плач, равна $P_x -$

⁹ Это исследование Сабинина сделало наиболее вероятной теорию Пристли о механизме плача. Во многих учебниках она излагается как теория Пристли—Сабинина. В дальнейшем Сабинин внес в нее значительные изменения.

P_e , и получить $B = k(Px - P_e)$. Сделанное выше допущение о пропорциональности скорости плача величине его движущей силы позволяет составить пропорцию $A : B = Px : (Px - P_e)$ и определить величину движущей силы плача: $Px = \frac{A \cdot P_e}{A - B}$.

Сабинин рассчитал движущую силу не только плача, но и обратного плача, вызванного большим осмотическим давлением окружающего раствора. За эту работу ему присудили премию Комиссии содействия ученым.

Идеи Сабинина относительно движущей силы плача растений были развиты в ряде работ его учеников. В этой связи следует отметить две работы Л. С. Литвинова (о составе летней пасоки у тыквы и характере движущей силы плача у проростков кукурузы и бальзамина), выполненные под наблюдением Сабинина (1926, 1927 гг.).

Анализируя состав летней пасоки тыквы, Литвинов установил в ней значительное количество как минеральных, так и органических кислот и почти полное отсутствие сахаров. Богатство летней пасоки тыквы растворенными в ней веществами подтверждало взгляды Сабинина о роли пасоки как осмотического двигателя сока плача.

Работа о поглощении воды проростками кукурузы и бальзамина показала, что их минимальная сила сосания достигает довольно значительной величины: до 5 атм у бальзамина и 10 — у кукурузы.

А. Г. Гебгардт (1928 г.), изучая осмотическое давление пасоки в Троицком лесостепном заповеднике, указала на зависимость осмотического раствора пасоки от наружного почвенного раствора. Самое высокое осмотическое давление наблюдалось у растений на солончаках; на солонцах оно снижалось; наименьшим давлением обладали растения, обитающие на черноземах.

Позднее Сабинин серьезно заинтересовался явлением периодического плача, открытого в 1872 г. русским естествоиспытателем О. Баранецким¹⁰. Надо отметить, что школа Сабинина внесла большой вклад в раскрытие природы этого явления. Например, О. М. Трубецкова и И. Л. Шидловская в работе с подсолнечником устано-

¹⁰ Баранецкий О. О периодичности «плача» травянистых растений и причинах этой периодичности. СПб., 1872.

вили ряд важных закономерностей¹¹. Оказалось, что у подсолнечника на разных фазах развития существует суточная периодичность плача, достигающего максимума в дневные часы и минимума — в ночные. Такой же периодичностью отличалось и движение кальция и фосфора в пасоке. У растения после того, как оно в течение нескольких дней пребывало в условиях без света, суточная периодичность скорости плача оставалась без изменения.

Е. К. Павлинова (1926 г.) и В. С. Шардаков (1928 г.) констатировали, что не только пасока, но и гуттационная жидкость представляет собой раствор значительно более концентрированный, чем окружающая среда. Физиологическое значение гуттации, по мнению Сабинина, — это освобождение растения от избытка солей, в частности кальция, высокие концентрации которого неблагоприятны. Установив концентрирование веществ в пасоке, Сабинин поначалу считал, что оно вызвано равновесием Доннана. Но впоследствии он объяснил это явление выделением живыми клетками веществ в сосуды корня.

Д. А. Сабинин считал очень существенным исследовать наряду с поглощением живыми клетками выделения ими веществ в окружающую среду. В этой связи он поставил ряд работ по экзосмосу, которые осуществили его ученики: Туева (экзосмос калия и кальция, 1926 г.), Осипова и Юферова (экзосмос фосфат и сульфат ионов, 1927 г.), Минина (со стерильными культурами, экзосмос органических веществ — органических кислот и аминокислот, 1927 г.). Одновременно Сабинин предположил, что корневая система является не только органом поглощения, но и синтеза и превращения веществ. Этот вопрос исследовал Быков (1929 г.), а впоследствии — Потапов (1936 г.). По существу их работы стали началом нового направления в изучении минерального питания, утвердившего представление о синтетической способности корневой системы. В дальнейшем это направление получило большое развитие в работах многих лабораторий, причем их авторы зачастую даже не ссылались на первооткрывателя — Д. А. Сабинина.

¹¹ Трубецкова О. М., Шидловская И. Л. Изучение суточной периодичности деятельности корневой системы. — Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 1951, т. 7, вып. 2, с. 273.

О роли живых компонентов клетки в поглощении, связывании и превращении веществ свидетельствуют исследования связи поглощения веществ и дыхания растения. В этом направлении развивали свои работы Потапов и Станков (1934 г.), Войтенко (1937 г.). В свою очередь Потапов доказал зависимость поглощения веществ от притока ассимилятов (1940 г.), а Трубецкова и Рупчева — образование лабильных соединений между минеральными веществами и элементами цитоплазмы (1949 г.).

Сабинин выдвинул представление о связывании минеральных веществ плазмой клетки как одного из этапов их поглощения. В своей монографии по минеральному питанию он уделил большое внимание исследованиям Мэзия¹² по образованию кристаллов оксалата кальция в результате тех или иных раздражений (плазмолиз, деплазмолиз, температура и т. д.). Мэзия (1938 г.) обнаружил, что плазма может связывать не только кальций, но барий и стронций. Однако в его работе остался ряд невыясненных моментов.

Изучение этого вопроса продолжили Трубецкова и Рупчева¹³. Они, в частности, декальцинировали клетки плазмолизом с последующим деплазмолизом, а также путем прижизненного окрашивания красителями. Исследователи констатировали разрушение лабильных соединений кальция с компонентами плазмы, обнаруживаемое по образованию кристаллов щавелевокислого кальция, которое может быть достигнуто различными путями. Сильный плазмолиз и последующий деплазмолиз вызывают образование кристаллов оксалата в вакуолях у *Elodea densa*, что приводит к гибели большинство кристаллосодержащих клеток. Прижизненное окрашивание хризоидином также сопровождается образованием кристаллов, но при этом $\frac{2}{3}$ клеток сохраняется живыми. Таким образом, данные Трубецковой и Рупчевой подтвердили мнение Сабинина о большом значении связывания минеральных веществ компонентами плазмы.

¹² *Mazia D.* The binding of ions by the cell surface. — Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol., 1940, vol. 8, p. 195.

¹³ *Трубецкова О. М., Рупчева И. А.* Разрушение лабильных соединений кальция с компонентами плазмы. — Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева, 1949, т. 6, вып. 2, с. 268.

В дальнейшем Сабинин продолжал изучение процесса поглощения минеральных веществ растением и его зависимости от эндогенных особенностей и факторов среды. В поле его зрения лежат вопросы, органически связанные с анализами пасоки: диагностика минерального питания, синтетическая способность корневой системы, минеральное питание растений и формообразование. Следует отметить, что последние были тесно связаны с практикой повышения урожая и его качества. Работы Трубецковой (1927 г.), Туевой (1929 г.) и Тодорова (1938 г.) показали зависимость концентрации веществ в пасоке от целого ряда причин: видовых особенностей растения, фазы его развития и обеспеченности данными веществами.

Постепенно несколько статические первоначальные представления концепции Сабинина о поглотительной деятельности корневой системы становились более динамичными. Все более ясным оказывалось положение о том, что поглощение минеральных веществ — активный процесс, тесно связанный с жизнедеятельностью растения. Сабинин отошел от представления, по которому минеральные вещества якобы поглощаются растением вместе с водой. Отсутствие прямой зависимости между этими процессами показали в своих работах Трубецкова (1935 г.) и Семенова (1936 г.).

В дальнейшем исследования Д. А. Сабинина и И. И. Колосова, а затем Н. Г. Потапова и Н. З. Станкова (1934 г.) и Н. Г. Потапова (1936 г.) вскрыли связь первой ступени поглощения веществ с процессом адсорбции катионов и анионов, с последующим их связыванием и превращением в протопласте клетки. Передвигаясь по живым клеткам коры, вещества затем могут выделяться в сосуды ксилемы. Несколько позднее Потапов указал и на периодичность поглощения минеральных элементов при естественной смене дня и ночи и искусственном чередовании темных и светлых периодов¹⁴ (этот факт в конце 20-х—начале 30-х годов отмечали в своих работах М. К. Домонтович и А. И. Грошенков¹⁵). И. И. Ко-

¹⁴ См.: *Потапов Н. Г.* Влияние светового режима на поступление минеральных веществ в растение. — *Вестн. агротехники*, 1940, № 2.

¹⁵ *Домонтович М. К., Грошенков А. И.* Опыты по изучению влияния света на корневое питание. — *Научно-агротехнический журнал*, 1929, № 11; 1930, № 3.

лосов методом меченых атомов в опытах с P^{32} , используя стерильные культуры, обнаружил синтез липоидов и нуклеопротеидов корневой системы растений¹⁶.

Сабинин совместно с Колосовым разработал методы определения объема, а также общей и активной поглощающей поверхности корневой системы. Пользуясь ими, можно было рассчитать поглощение минеральных веществ на определенную единицу объема или поверхности. По сути своей они были несложны. Объем корневой системы рассчитывался по принципу вытеснения воды и ее учета, а общая активность поглощения поверхности — на основании поглощения метиленовой сини из раствора и ее колориметрического учета (первое определение давало величину общей поглощающей поверхности, а второе — рабочей или активной). Правда, метод определения поглощающей поверхности корня базировался на ряде недоказанных допущений о том, что молекулы метиленового синего при поглощении образуют монослой и что они равномерно распределяются по поверхности корневой системы. Однако он позволял точнее оценить общую и рабочую поверхности корня.

Методы определения объема и общей активности поглощающей поверхности корневой системы были широко использованы в экспедициях, проводимых Институтом физиологии растений. В полевых условиях путем «отмывания почвенных монолитов» были выявлены соответствующие изменения, причем не только при внесении удобрений, но и в случае применения различной агротехники. Так, работы с использованием системы Т. С. Мальцева показали, что у растений, высеянных по глубокому пару, объем корней сильно возрастает по сравнению с растениями, посеянными по обыкновенному пару¹⁷.

¹⁶ См.: Колосов И. И. Поглощительная деятельность корневых систем растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Эта монография, в частности, содержащая полную сводку работ по данному вопросу, была опубликована уже после смерти ученого (1955 г.).

¹⁷ Генкель П. А., Вобрицкая М. А., Цветкова И. В. Влияние обработки почвы по системе Т. С. Мальцева на некоторые физиологические особенности яровой пшеницы. — Физиология растений, 1955, т. 2, № 1; Генкель П. А., Цветкова И. В. Водный режим и продуктивность яровой пшеницы, возделываемой по системе Т. С. Мальцева. — В кн.: Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957, с. 220.

В 1950—1952 гг. на Курской зональной опытно-мелиоративной станции И. А. Волков провел определения общей и активно-поглощающей поверхности корневых систем яровой пшеницы¹⁸. Исследования показали, что в зависимости от способа орошения резко (на 30—40%) изменяется общая и особенно активно-поглощающая поверхность корневых систем. Сравнительным изучением поглощающей поверхности корневой системы яровой пшеницы в полевых условиях Каменной степи занималась Н. А. Сатарова¹⁹.

Большое значение Сабинин придавал диагностике минерального питания. Она, по его мнению, позволяла не только корректировать технику внесения удобрений, но и получать повышенные, высокого качества урожаи. В этом направлении очень интересной (с теоретической точки зрения) является большая обзорная методическая статья Д. А. Сабинина «Принципы и методика изучения минерального состава пасоки» (1929 г.). По мнению ее автора, анализ минерального состава пасоки может решить целый ряд вопросов, касающихся, например, удобрений, поступления в растение и использования им минеральных элементов (четырьмя основными из них — К, Са, N, Р — Сабинин обосновывает количественный способ изучения снабжения растения) и др.

В начале статьи Сабинин анализирует роль корневой системы в поглощении минеральных веществ из почвенного раствора. При этом он рассматривает данные литературы, отражающие независимость поступления минеральных веществ в растение от поступления и расхода им воды.

До сих пор не устарели понятия: сок плача растений, пасока, сок древесины, жидкость транспирационного тока. Сабинин считал первые два из них синонимами. Транспирационный сок, по его мнению, — это пасока, разбавленная водой примерно во столько раз, во сколько

¹⁸ Волков И. А. Развитие корневой системы яровой пшеницы в условиях орошения в Курской области. — В кн.: Орошение сельскохозяйственных культур в Центральной черноземной полосе РСФСР. М.: Изд-во АН СССР, 1952.

¹⁹ Сатарова Н. А. Сравнительное изучение развития поглощающей поверхности корней яровой пшеницы в условиях травопольной системы земледелия. — Докл. АН СССР, 1952, т. 84, № 2, с. 373.

раз в данный момент расход воды растением превышает ее подачу корнем.

В конце 20-х годов Беннет²⁰ выделил так называемый трахеальный сок, представляющий собой подвижную воду древесины. Он может быть вытеснен из древесины действием центробежной силы, атмосферного давления и водой, которая через нее протекает. Сабинин считает, что этот сок отличается и от пасоки, и от транспирационного тока, так как является жидкостью смешанного состава. В нее входят жидкость транспирационного тока и водный запас частей ксилемы, не участвующей непосредственно в проведении воды. По мысли Сабинина, пасока наилучшим образом способствует выяснению механизма снабжения растения минеральными веществами: она — физиологический раствор, отвечающий предъявляемым требованиям перехвата веществ, подаваемых корнем в надземные части растения.

Далее он отмечает, плач — явление широко распространенное среди мезофитов, которое не ограничивается только весенним периодом. Сабинин присоединяется к осмотической теории плача, обоснованной классиками физиологии растений Гофмейстером²¹, Пфеффером²², В. В. Лепешкиным²³. Но при этом он ссылается и на свою работу 1925 г., а также на опыты по определению движущей силы плача, т. е. величины осмотической силы, обуславливающей плач. Как видно из статьи, эта величина для пшеницы равнялась 1,5 атм, для кукурузы — 2 атм.

Сабинин разбирает причины отсутствия или прекращения плача у некоторых растений. Он приходит к выводу, что плач прекращается, если водоудерживающая

²⁰ *Bennet J. P., Anderssen F. G., Milad J.* Methods of obtaining tracheal sap from woody plants.—*New Phytol.*, 1927, vol. 26, p. 316.

²¹ *Hofmeister W.* Ueber das Steigen der Saftes der Pflanzen.—*Ber. Verh. Sachs. Akad. Wiss. Math. phys.*, 1857, Bd. 5, S. 629; *Hofmeister W.* Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Saften lebender Pflanzen—*Flora*, 1862, Bd. 45, N 97, S. 113, 138, 145, 170.

²² *Pfeffer W.* Osmotische Untersuchungen. Leipzig, 1877.

²³ *Лепешкин В. В.* Исследования над выделением водных растворов растениями.—*Зап. АН*, 1904. Сер. физ.-мат.; *Он же.* Исследования над осмотическими свойствами и тургором растительных клеток.—*Там же*, 1967, № 2.

сила почвы превышает 1—2 атм. Случается также, что в летнее время благодаря сильному присасывающему действию испаряющих органов в древесине стебля создается отрицательное давление и плач также не наблюдается. Еще одной причиной этого явления служит образование тиллов, закупоривающих сосуды. В этой связи Сабинин критикует опыты Мак-Дугола²⁴ по манометрическому определению корневого давления, время проведения которых исчислялось месяцами, что совершенно недопустимо в связи с развитием микроорганизмов и образованием бактериальных пробок. Поэтому-то Мак-Дугол не смог выделить пасоку. По мнению Сабинина, опыты по сбору и анализу пасоки должны быть кратковременными (несколько дней).

Продолжая развивать свой подход к диагностике минерального питания, Сабинин остановился на двух вопросах. Первый — касался концентрирования минеральных элементов в соке плача, по данным работы О. М. Трубецковой (1927 г.). Как известно, она установила в пасоке концентрирование веществ из слабого наружного раствора. Второй вопрос затрагивал данные О. Ф. Туевой о почти полном отсутствии фосфоорганических соединений в соке плача, а также о быстром падении содержания иона PO_4 при непродолжительном голодании растения на питательных смесях в отсутствии фосфорной кислоты.

Таковы теоретические обоснования метода диагностирования минерального питания по анализу сока плача, в дальнейшем проверенного Д. А. Сабининым, Е. Г. Мишиной и О. М. Трубецковой на больших экспериментах с овсом и ячменем (1929 г.). Новая работа была посвящена сравнению метода анализа пасоки с валовым анализом элементов питания в полученном урожае. Исследователи установили, что «величина снабжения растения данным элементом пропорциональна произведению количества выделившейся пасоки в единицу времени на концентрацию в ней соответственного элемента». Следует заметить, что метод диагностики, предложенный Сабининым, не получил широкого развития, хотя и хорошо послужил для целей более глубокого изучения минераль-

²⁴ *Mac-Dougal D.* The hydrostatic system of trees. — *Carnegie Inst. Pub.*, 1926, N 373.

ного питания. Причиной этого явилось большое неудобство метода, связанное с техникой сбора и получения пасоки в полевых условиях.

Ученики и последователи Сабинина продолжали развивать созданное им направление. Так, по данным Н. Г. Потапова с сотрудниками²⁵, многие однолетние растения прекращают плач после цветения. Некоторые авторы пытались установить корреляцию между мощностью корневой системы и количеством пасоки (И. В. Красовская²⁶, Н. Н. Сус²⁷). Эти работы показали корреляцию, но с рядом ограничений.

Изучение состава пасоки и диагностирование минерального питания велись не только Д. А. Сабининым и представителями его школы, но также рядом отечественных и зарубежных исследователей. В этой связи прежде всего следует отметить работу Лайне²⁸, подтвердившего основные положения Сабинина, а также данные белорусских ученых Р. Т. Вильдфлуша и И. Х. Ризова²⁹, которые использовали анализ пасоки для определения различных соотношений кальция и магния, вносимых в подзолистую почву. Пиер и Польшман³⁰, изучая влияние различных доз суперфосфата на содержание фосфора в пасоке и урожай кукурузы, установили хорошую корреляцию между реакцией растений на фосфорные удобрения

²⁵ Потапов Н. Г., Соловьева О. Н., Иванченко И. И. К вопросу диагностирования минерального питания пшеницы. — В кн.: Труды Комиссии по ирригации. М.: Изд-во АН СССР, 1936, вып. 8, с. 78.

²⁶ Красовская И. В. Использование плача растений для оценки корневой системы и ее деятельности. — Бот. журнал, 1947, т. 32, вып. 3, с. 41.

²⁷ Сус Н. Н. Использование интенсивности плача растений для оценки мощности корневых систем. — Физиология растений, 1957, т. 4, вып. 3, с. 112.

²⁸ Laine T. On the absorption of electrolytes by the out roots of plants and the chemistry of plant exudation sap. — Acta bot. fenn., 1934, vol. 16, p. 13.

²⁹ Вильдфлуш Р. Т., Ризоу И. Х. Да питания об уплыве розных судностін паміж кальціем і магнуем на ураджай пасць спажыванье ячменю. — Запіскі Белар. Дзяржаўней Акадэміі, 1930, т. 12, с. 91.

³⁰ Pierre, Pohlmann. Preliminary studies of the exuded plant sap and the relation between the composition of the sap and the soil solution. — J. Amer. Soc. Agr., 1933, vol. 25, N 2; *Idem*. The phosphorus concentration of the exuded sap of corn as a measure of the available phosphorus in the soil. — *Ibid*.

и концентрацией фосфора в их пасоке. По мнению Лоури и Тейбер³¹, метод анализа пасоки в отличие от метода анализа выжатого сока более четко отражает уровень питания растения и состав почвенного раствора. В более поздней работе Лоури, Хиггинс и Форрест³² определяли в пасоке кукурузы фосфор, калий, кальций, кремний, общий азот и нитраты на десяти видах удобрений. Соответствующие удобрения увеличивали в пасоке концентрацию фосфора, калия, общего азота и нитратов. Известкование, наращивая в пасоке содержание кальция и азота, снижало концентрацию в ней калия и кремния.

Изучая минеральное питание озимой пшеницы в Венгрии, Потапов и Дежи³³ по анализам сока плача установили неэффективность применения для этой культуры фосфорнокислых удобрений. В то же время азотные удобрения значительно улучшили процесс снабжения азотом надземных органов пшеницы, тем самым способствовали повышению урожая. Потапов, Надь и Гуйди³⁴ показали, что глубокая заделка навоза обеспечивала благоприятное питание растений (повышенный вынос азота и фосфора с пасокой).

Работы Потапова и сотрудников наглядно демонстрируют полную применимость метода анализа пасоки в полевых условиях. Об этом же свидетельствуют и эксперименты Д. С. Певнева³⁵, который в полевых условиях изучал поступления минеральных веществ по анализу сока плача. В частности, он отметил, что в пасоке арбуза скорость и количество растворимых веществ уменьшается через несколько часов после удаления надземных органов. Позднее (1951 г.) аналогичное явление отме-

³¹ *Loury M. W., Tabor P.* Sap for analysis by bleeding corn plants. — *Science*, 1931, N 73, p. 1953.

³² *Loury M. W., Huggins W. S., Forrest L. A.* The effect of soil treatment on the mineral composition of exuded maize sap at different stages of development. — *Georgia Exp. Stat. Bull.*, 1951, vol. 12, p. 193.

³³ *Potapov N. G., Dezsi L.* Az őszi búza ásványi táplakozard szábadföldi körülmények között. — *Ann. biol. Univ.*, 1952, T. 2.

³⁴ *Potapov N. G., Nady Z., Gujdi B. A.* Kukorica ásványi táplalkaza altíráygotzassak javított homoktalajan. — *Agrokém. és taljat.*, 1956, N 1.

³⁵ *Певнев Д. С.* Исследование хода поступления минеральных веществ в растения в полевом опыте по изучению сока плача. — *Химизация соц. земледелия*, 1934, № 8.

тели О. М. Трубецкова и И. Л. Шидловская (1951 г.), работающие с кукурузой, огурцами и льном.

Следует подчеркнуть, что в отличие от существовавших тогда методов, в частности Гоффера³⁶, носивших качественный характер, Сабинин создал количественные методы диагностики. Считая метод анализа пасоки применимым лишь при наличии плача и достаточного увлажнения почвы, он разработал более доступный способ диагностики. С этой целью Сабинин несколько видоизменил метод Лагату и Мом³⁷ по анализу сухого вещества листьев на разных фазах развития растений, предложив использовать 15%-ные водные вытяжки после обработки ими растертой сырой массы листьев и последующим кипячением в течение 15 мин. на водяной бане. Вместе со своими учениками он в 1936 г. поставил подобные эксперименты на листьях льна и в результате пришел к интересным и важным выводам.

Прежде всего Сабинин отметил, что в характеристику полученных данных необходимо включить не только величину концентрации минеральных веществ, но и фактор емкости, т. е. объема водной фазы. Произведение этих двух величин, по его заключению, позволяет установить вынос и разную обеспеченность N и K удобренных и неубренных растений.

Сабининские методы листовой диагностики — на сухой вес и способом вытяжек — позволяли выявить случаи голодания по N и K, но, к сожалению, оказались недостаточными для количественного сопоставления действия разных доз удобрений. Вместе с тем исследования Сабинина по диагностике минерального питания, несомненно, повлияли на развитие этой области науки. По мнению Шконде, «усиление внимания к физиологическим методам диагностики вообще и листовой диагностики в особенности (работы К. П. Магницкого³⁸,

³⁶ *Hoffer G. N.* Testiny corn stukks chemically to aid in determining their plant fard needs. — Bull. Purdue univ. Agr. Exp. Stat., 1926, vol. 298, p. 206.

³⁷ *Lagatu H., Maume L.* Le diagnostic foliare appliue au control de alimentation d'une vigne de coteau avec ou sans fumure. — C. r. Akad. agr. France, 1828, vol. 14, p. 762; *Idem.* Le diagnostic foliare de la pomme de terre. — Ann. école nat. agr. Montpellier, 1931, vol. 20, N 4.

³⁸ *Магницкий К. П.* Полевая агрохимическая лаборатория. — Московский колхозник, 1955, № 6.

В. В. Церлинг³⁹ и др.), безусловно, связано с развитием идей Сабинина».

К работам Д. А. Сабинина по диагностике минерального питания непосредственно примыкают и эксперименты М. Г. Колотовой, выполненные под его руководством в 1937 г. Колотова работала с яблоней сорта «антоновка». Как известно, сок плача у древесных растений в течение вегетационного периода получить не удастся, поэтому она пользовалась трахеальным соком, выделенным из 5—10-сантиметровых отрезков ветвей яблони путем центрифугирования, т. е. по вышеупомянутому методу Бенета. Анализы проводились в различные сроки, но были приурочены к определенным фазам развития дерева (почечная фаза, цветение, завязывание плодов, налив плодов, рост плодов, созревание плодов). В результате исследования трахеального сока на азот, фосфор, калий и кальций Колотова обнаружила сезонность распределения этих элементов в растении яблони. Она также установила возможность учета состояния питания по составу трахеального сока. Колотова выявила и различия между удобренными и неудобренными деревьями в отношении содержания кальция: у удобренных деревьев его оказалось значительно больше. Повышение содержания азота и фосфора в трахеальном соке в четвертой фазе развития указывало на то, что наступили условия, благоприятные для закладки плодов.

Спустя 20 лет И. Н. Андреева применила метод Сабинина по количественному анализу сока плача в полевых условиях при определении степени пригодности для кукурузы и подсолнечника новой по тому времени мальцевской системы обработки почв. В результате ей удалось показать, что сабининский метод пригоден не только для изучения эффективности удобрений, но и для выбора тех или иных агротехнических приемов обработки почвы. В работе Андреевой имеется ряд ссылок на советских и зарубежных авторов, взявших на вооружение сабининский метод⁴⁰. В дальнейшем Андреева показала возможность

³⁹ Церлинг В. В. Метод микрохимической диагностики потребности растений в фосфоре. — Почвоведение, 1956, № 10.

⁴⁰ Андреева И. Н. Питание растений при обработке почвы по Т. С. Мальцеву. — Физиология растений, 1957, т. 4, вып. 6, с. 533.

использования диагностики метода анализа сока плача и для пшеницы⁴¹. Отметим, что при изучении минерального питания пшеницы применялся и измененный метод листовой диагностики. Полученные при этом результаты оказались сходными с теми, которые дал анализ сока плача.

Д. А. Сабинин не только разрабатывал общие подходы к решению важной проблемы, какой являлась подача минеральных веществ с пасокой. Он попытался приложить их и к изучению процесса нектаровыделения. В этом направлении интересны исследования Н. М. Панкратовой, проведенные в начале 50-х годов под непосредственным руководством Сабинина. О значении и сущности этих работ можно судить из приведенных ниже кратких тезисов доклада Панкратовой на тему о нектаровыделении.

«... Изучение процесса нектаровыделения имеет большой общефизиологический интерес. Основная масса работ по нектаровыделению посвящена изучению нектарников, их анатомии и морфологии и способам выделения нектара. Довольно подробно изучено влияние внешних условий на содержание нектара в нектарниках различных нектароносителей. Но механизм процесса нектаровыделения до сих пор остается невыясненным. Исследование процесса нектаровыделения тормозится отсутствием методов учета скорости выделения нектара.

Мы поставили целью изучить действие раствора, снабжающего нектаровыделяющие органы, на процесс нектаровыделения; зависимость нектаровыделения от осмотического давления этого раствора и характера действующего вещества. Для учета скорости выделения нектара мы применяли разработанный нами метод непосредственного капиллярно-микроскопического наблюдения нектаровыделения цветками клевера, позволяющий учесть изменение выделения нектара за короткие промежутки времени. Нектароносность исследованных нами видов клевера различна. Наибольшее количество нектара выделяют цветки *Trifolium medium*, наименьшее — *Tr. pratense*. Нектаровыделение в сильной степени зависит от времени цветения

⁴¹ Андреева И. Н. Особенности питания растений при новой системе обработки почвы по Т. С. Мальцеву: Автореф. дис. . . . канд. биол. наук. М.: Ин-т физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 1958.

и возраста цветка. Скорость выделения нектара и содержание его в цветке изменяется с возрастом последнего. Максимальное количество нектара содержится в цветках клевера среднего возраста (среднего пояса цветков в головке), у старых и молодых цветков оно меньше. Наиболее интенсивно выделяют нектар цветки среднего возраста. В изолированных от посещения насекомыми головках клевера число цветков с нектаром, число распустившихся в головке цветков и содержание нектара в цветке больше, чем в неизолированных головках. Скорость выделения нектара при перенесении цветка клевера с воды на 1,4 М раствор сахарозы резко увеличивается, со временем постепенно снижаясь. Раствор хлористого натрия оказывает еще большее воздействие. Скорость выделения нектара цветками на растворе NaCl увеличивается сильнее, чем на изотоническом растворе сахарозы. Опыты с количественным определением выделенного цветком нектара и сахара и анатомические исследования тканей цветков синюхи *Polemonium coeruleum* до и после опыта позволяют заключить о том, что нектар образуется не только из запасных веществ, находящихся в тканях цветка, но и из растворов, на которых находятся цветки. Такие вещества, как сахароза, глюкоза и частично маннит, поступают из наружного раствора в ткани цветка *Polemonium coeruleum* и используются на образование нектара, увеличивая количество выделяемых в нектаре сахаров. Концентрация наружного раствора, равная 0,5 М раствора сахарозы, обеспечивает максимальное выделение нектара. Наличие своеобразной реакции нектаровыделяющей ткани на осмотически действующие вещества позволяет нам высказать основное положение о независимости процессов выделения сахаров нектарниками и поступления воды в ткани цветка. Основной процесс деятельности нектарников — секреции сахаров — обуславливает выделение воды. Механизм выделения сахаров нектароносной тканью можно объяснить неодинаковой способностью различных частей протоплазмы одной и той же клетки удерживать сахар...»

Труды по основам питания растений и Тимирязевское чтение

Д. А. Сабинин является автором двух выдающихся капитальных монографий по основам питания растений и Тимирязевского чтения⁴², посвященного значению корневой системы.

Одна из монографий — «Минеральное питание растений» — вышла в 1940 г. В предисловии автор высказал ряд интересных общих положений и прежде всего отметил, что в мировой литературе нет общего объемного труда по минеральному питанию, а имеющиеся книги затрагивают лишь отдельные частные вопросы этой вечной области ботаники. Даже в лучших ботанических учебниках Н. А. Максимова, С. П. Костычева глава о минеральном питании «невыгодно выделяется своей мозаичностью и отсутствием объединяющих моментов» и в значительной мере посвящена изложению агрохимических вопросов. Стремясь восполнить этот пробел, Сабинин четко сформулировал задачи монографии. Она представлялась ему «как попытка связать друг с другом действие удобрений на различные стороны жизнедеятельности растений на основе наших современных представлений о взаимосвязи жизненных процессов растений, как попытка биологизировать изучение действия удобрений»⁴³.

Естественно, что изложить даже в кратких чертах все положения книги объемом свыше 300 страниц — дело невозможное, поэтому мы ограничимся лишь ее общей характеристикой и анализом основных принципиальных результатов, которые из нее вытекают. Необходимо отметить, что в 1941 г. монография была удостоена премии им. К. А. Тимирязева, присуждаемой Президиумом АН СССР раз в три года за выдающиеся исследования в области физиологии растений.

Согласно плану, намеченному Сабининым, первая часть монографии затрагивает общебиологический вопрос

⁴² Тимирязевские чтения по предложению Президиума АН СССР проводятся с начала 40-х годов ежегодно 3 июня в день рождения К. А. Тимирязева. Д. А. Сабинин участвовал в Девятом Тимирязевском чтении. В 1949 г. его лекция была издана в Изд-ве АН СССР.

⁴³ Сабинин Д. А. Избранные труды по минеральному питанию растений. М.: Наука, 1971, с. 18.

организации содержимого клетки. Она состоит из нескольких глав и является как бы прологом и теоретическим обоснованием к остальным ее частям. Вторая часть книги посвящена круговороту элементов минерального питания, а третья — минеральному питанию как фактору обмена веществ, роста и развития. Как видим, автор широко и теоретически обоснованно подошел к избранной проблеме.

Сабинин придавал огромное значение роли живого протопласта в поглощении веществ. Этим объясняется и то огромное внимание, которое он уделяет в монографии вопросу организации протопласта и его структуре. В результате анализа экспериментальных данных, имеющихся в литературе, он приходит к выводу, что мезоплазма обладает эластичностью. Больше того, по мнению Сабинина, она должна иметь определенную структуру. В настоящее время это твердо установлено: в частности, Фрей-Висслинг в одной из своих работ подтверждает представления о субмикроскопической структуре цитоплазмы⁴⁴.

Сабинин развивает представления о паракристаллическом состоянии вещества. Он отмечает нематическую структуру, которая характеризуется параллельным расположением элементов, отстоящих друг от друга на разных расстояниях, и смектическую — где элементы располагаются не только параллельно друг другу, но и на одинаковом расстоянии. По мнению Сабинина, ряд биологических жидкостей, например липоиды, находятся в паракристаллическом состоянии и имеют нематическую или смектическую структуру. Отсюда и высокая чувствительность растительных организмов к ряду экстремальных воздействий, например к механическим повреждениям цитоплазмы. Сабинин большое внимание уделяет организации поверхностных слоев протоплазмы, что опять-таки получило в дальнейшем полное подтверждение, когда даже считается, что существует особый раздел науки — мембранология. С этих же позиций трактуется и структурная организация важнейших органелл растительной клетки — хлоропластов, митохондрий.

Вторая глава этого раздела посвящена вопросу поступления веществ в клетку (впоследствии Сабинин говорил

⁴⁴ Фрей-Висслинг А. Сравнительная органеллография протоплазмы/ Пер. с англ. Н. Д. Клячко; Под ред. и с предисл. П. А. Генкеля. М.: Мир, 1976.

точнее — о поглощений веществ клеткой). На основании опытов Штруггера (1936 г.) о накоплении основных красителей оболочками клетки в зависимости от аэрации Сабинин трактовал эту зависимость как электрофизиологический процесс, связанный с реакцией среды и зависимый от возраста и аэрации. Затем он рассматривал проникновение веществ в мезоплазму и вакуоль.

Важное место в первой части работы занимает глава о механизме поступления веществ в клетку. Здесь Сабинин приходит к выводу о роли обменной адсорбции и дыхания в этом процессе. Критикуя ультрафильтрационную гипотезу Руландта, он отдает предпочтение более ранним исследованиям Овертона, а также Траубе. По мысли Сабинина, в учебниках взгляды Овертона излагались как гипотеза проникновения ряда веществ, растворимых в липоидах, в плазму сквозь сплошной слой липоидов на ее поверхности. Это, подчеркивал Сабинин, ошибочно. По данным Овертона ясно, что липоиды лишь импрегнируют белки и таким образом плазма проницаема для солей и воды. Сабинин подчеркивал значение жизнедеятельности протоплазмы для проникновения веществ, тем самым направляя изучение этого вопроса в нужное русло.

Из работ Овертона и Траубе, по мнению Сабинина, вытекают следующие закономерности поступления веществ в клетку: значение адсорбции веществ на поверхности протопласта для их поступления, взаимодействие проникающих веществ с компонентами протоплазмы, роль липидов в построении поверхностных слоев протоплазмы, в избирательной растворимости в них как фактора накопления веществ, значение жизнедеятельности протоплазмы как фактора накопления веществ. Все эти положения и в настоящее время являются основными закономерностями в этом важном биологическом процессе.

«Конечно, — отмечал далее Сабинин, — возврат к Овертону и Траубе произошел на новой основе тех представлений об организации протопласта и тех завоеваний в области изучения свойств пограничных слоев клеток, о которых мы говорили выше. Этот возврат осуществляется после довольно длительного, более чем двадцатилетнего, периода отказа от представлений Овертона и Траубе. То был период господства упрощенной мембранной концепции поступления веществ, нашедший особенно прямое выражение в так называемой ультрафильтрационной

теории»⁴⁵. Как видим, Сабинин здесь уже сильно биологизировал проблему поступления веществ в протоплазму (в отличие от положений, высказанных им в 1925 г.). Он отказался от чисто физико-химической трактовки проблемы, поставив на первое место биологическую — обмен веществ, в частности процесс дыхания как основу для понимания поступления веществ в клетку.

Вторая часть монографии посвящена деятельности корневой системы. При этом Сабинин широко опирается на данные литературных источников, а также на результаты, полученные им и его учениками в работах по поглощению, выделению и передвижению элементов минерального питания по растению. Он рассматривает и разработанные совместно с И. И. Колосовым методы по расчету поглощаемых веществ на единицу объема и поверхности, получившие в дальнейшем очень большое применение во многих лабораториях. Значительное внимание автор уделяет химическому и пространственному круговоротам элементов минерального питания в связи с вопросом о их реутилизации. Сабинин подверг критике теорию передвижения веществ Мюнха. По существу, после его обстоятельного разбора обе теории ультрафильтрации, а также теорию Мюнха можно было сдавать в архив.

Вместе с тем, опираясь на работы Мэзона, Маскелла, Филиса, Шумахера, он приходит к интересным выводам относительно передвижения минеральных веществ по флоэме: о пути их передвижения по плазме ситовидных трубок; о необходимости и процесса дыхания для этого процесса; о возможности одновременного передвижения веществ по флоэме в противоположных направлениях. В частности, для азота Сабинин намечает следующий путь реутилизации. Соединения азота при его реутилизации движутся от листьев по флоэме по большому кругу — от листьев по стеблю к корням, откуда поступают в ксилему, и от корня через стебель в лист. В отличие от азота калий движется по малому кругу: он уже в нижних частях стебля переходит из флоэмы в ксилему по схеме: лист — стебель — лист.

Все эти положения были подтверждены и развиты дальнейшими исследователями, применявшими более со-

⁴⁵ Сабинин Д. А. Минеральное питание растений. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 79.

вершенные методы — методы меченых атомов и электронной микроскопии. В частности, Курсанов и Запрометов установили очень большую интенсивность дыхания ситовидных трубок, равную дыханию наиболее сильно дышащих организмов-грибов⁴⁶.

Третья часть монографии посвящена обмену веществ, росту и развитию растений. Сабинин останавливается на синтезе белков и роли углеводного обмена в этом процессе. При этом он разбирает основополагающие работы Д. Н. Прянишникова и его школы, а также труды отечественных и иностранных авторов. Большое внимание Сабинин уделяет вопросам зависимости фотосинтеза от минеральных веществ и углеводного и азотного обмена, а также от фосфатного питания. Он подчеркивает влияние калия на превращение белков и соединений серы. Иными словами, Сабинин затрагивает в этой части наиболее актуальный и в настоящее время вопрос о роли обмена веществ в растениях.

Будучи истинным фитофизиологом, Сабинин считает необходимым изучать обмен веществ в динамике — с учетом внутренних факторов жизни растения, его возрастной и этапов развития. В последнем разделе, повествующем о влиянии минерального питания на рост и развитие растительных организмов, Сабинин дает оригинальное определение роста растений. При этом он рассматривает закономерности их относительного роста, выдвинутые английским ученым Гексли. Как известно, последний провел математический анализ ростовых процессов в растениях.

Лебединой песнью Д. А. Сабинина, несомненно, является его участие в Тимирязевском чтении 4 июня 1948 г. В сообщении, озаглавленном при публикации в 1949 г. «О значении корневой системы в жизнедеятельности растения», ученый подводит итоги своей научной деятельности в области изучения физиологии корневых систем, анализирует работы своей школы. Помимо этого, ученый, подчеркнув синтетическую роль корневой системы, выдвигает новую проблему синтеза корнями физиологически активных веществ, необходимых для роста надземных органов. В дальнейшем она получила подтверждение и

⁴⁶ См.: Курсанов А. Л. Транспорт ассимилятов в растениях. М.: Наука, 1976.

была развита в ряде работ советских и зарубежных ученых. Материал сабининского чтения подразделяется на следующие разделы: Введение; О корневой системе как органе водного питания растений; О значении корневой системы в процессе минерального питания растений; О значении корневой системы в ростовых процессах; Заключение.

«Многие стороны деятельности корней известны и достаточно изучены, — писал Сабинин во Введении, — но наиболее важные и интересные явления в жизни корневых систем едва открываются нашему взору за последние годы. Лишь теперь становятся ясными коррелятивные взаимные отношения в развитии корней и надземных органов, только за последнее время сложились представления о процессе обмена веществ и энергии, связывающих поглотительную деятельность корневых систем и фотосинтетическую работу листьев»⁴⁷.

В первом разделе обсуждается вопрос о природе плача. На основании работы, проведенной Сабининым в 1925 г., устанавливается осмотическая природа плача и дается метод определения его движущей силы.

Работа Дагиса⁴⁸ полностью подтвердила установленные Сабининым закономерности о движущей силе плача. Сабинин останавливается на анализе двойственной роли живых клеток корня в движении воды по растению. При этом он считает неверным термин «проницаемость протоплазмы» и обращает внимание на прохождение воды через слой протоплазмы, отмечая большое сопротивление, которое преодолевает водный ток. Установив, что оно может достигать значительных величин, Сабинин вслед за Максимовым (1917 г.) отмечает значение этого сопротивления в регулировке интенсивности транспирации. Основываясь на развитых представлениях, Сабинин дает новое теоретическое обоснование току плача в растении. Односторонний ток он объясняет различиями в обмене веществ на разных сторонах клетки. Если в одной части клетки растения благодаря накоплению тургорге-

⁴⁷ Сабинин Д. А. О значении корневой системы в жизнедеятельности растения. Девятое Тимирязевское чтение. М.: Изд-во АН СССР, 1949, с. 430.

⁴⁸ *Dagys I.* Untersuchungen über die osmotische Saugkraft der Wurzeln nach Sabinins Methode. — Kosmos, Kaunas, 1933, Bd. 14, S. 35.

нов образуется большое осмотическое давление (P), а в другой — вследствие их траты осмотическое давление упадет, то вода осмотическим путем выдавливается из первой клетки во вторую: при этом осмотическое давление будет ниже тургорного и величина $P-T$ станет отрицательной⁴⁹.

К интересным выводам пришел Сабинин, анализируя результаты опытов О. М. Трубецковой по влиянию температуры, окружающей корневые системы, на скорость поглощения воды транспирирующим растением и растением без надземных частей. В первом случае, по его мнению, существенной разницы не наблюдается. Во втором случае, связанном с обменом веществ, она значительна, причем чем больше возрастает температура, тем сильнее растение поглощает воду. В заключение раздела Сабинин писал: «...плач растений — это передвижение тока воды и растворенных веществ через корневые системы за счет локализованных различий в интенсивности и характере процессов обмена веществ в живых клетках поглощающей зоны корня. Данный вывод приводит к естественному заключению, что выделяемые в пасоке вещества могут отличаться от поглощенных из наружной среды»⁵⁰.

Во втором разделе Сабинин раскрывает значение корневой системы в минеральном питании растений. Вначале он анализирует представления о связывании поступающих в растение ионов, отвечая на вопрос, почему в пасоке часто не наблюдается тех форм азота, которые были поглощены из наружного раствора. Сабинин ссылается при этом на исследование своих учеников, в частности И. Е. Быкова (1929 г.), который выяснил, что в пасоке находится от 1 до 25% азота в органической форме; по данным Н. Г. Потапова (1936 г.), количество азота доходило до 70%; Л. С. Литвинов (1927 г.) показал наличие ряда органических веществ в летней пасоке тыквы. Данные о связывании элементов минерального питания в пасоке полностью подтвердил финский ученый Лайне⁵¹.

⁴⁹ См.: Тюриня М. М. Значение отрицательного тургорного давления и водоудерживающей способности листьев. — *Бот. журнал*, 1957, т. 11, вып. 2, № 7, с. 1035.

⁵⁰ Сабинин Д. А. О значении корневой системы в жизнедеятельности растения, с. 444.

⁵¹ Laine T. On the absorption of electrolytes by the cut roots of plants and the chemistry plant exuded sap, p. 1.

В 1927 г. О. М. Трубецкова установила сходство кривой поглощения ионов с кривой уравнения адсорбции Фрейндлиха. Она же определила зависимость поглощения ионов от температуры окружающей среды, а Н. В. Войтенко (1937 г.) — от азотации. Таким образом, была показана синтетическая роль корневой системы. Все это позволило Сабину заявить о том, что «в корневой системе протекают специфические для данного вида процессы переработки поглощаемых корнем неорганических соединений азота в органические соединения, нередко обладающих высокой физиологической активностью»⁵².

Этот капитальный вывод в дальнейшем был подтвержден исследованиями А. Л. Курсанова и других естественных испытателей⁵³, а также работами А. А. Шмука с сотрудниками, проведенными в области локализации синтеза никотина в корневых системах табака⁵⁴.

Третий раздел чтения начинается с анализа литературы, посвященной вопросу наличия физиологически активных веществ в пасоке. Результаты этих работ, по мнению Сабина, показали, что из корневых систем в надземные части растений с пасокой поступают алкалоиды, ферменты и гормоны.

Тимирязевское чтение убедительно показало мастерство Сабина при работе с литературными источниками. Неудивительно, что данные, полученные другими авторами, помогли ученому обобщить результаты ряда своих теоретических положений. Так, основываясь на работах по остановке роста зародышей семян озимой ржи после удаления корней (Де Ропп⁵⁵), Сабинин сделал существенные выводы о причинах этого процесса. По его мнению, веществом, останавливающим рост, является не гетероауксин, а производные нуклеиновых кислот. В связи с этим он, опираясь на наблюдения других исследовате-

⁵² Сабинин Д. А. О значении корневой системы в жизнедеятельности растения, с. 451.

⁵³ Курсанов А. Л., Туева О. Ф., Верещагин А. Г. Углеводно-фосфорный обмен и синтез аминокислот в корнях тыквы. — Физиология растений, 1954, т. 1, вып. 1; Курсанов А. Л. Корневая система растений как орган обмена веществ. — Изв. АН СССР. Сер. биол. наук, 1957, № 6.

⁵⁴ Шмук А. А., Смирнов А. И., Ильин Г. С. Образование никотина в растении, привитом на табаке. — Докл. АН СССР, 1941, т. 32, № 365.

⁵⁵ De Ropp R. The influence of roots on the growth of leaves and stems in rye. — Ann. Bot., 1946, vol. 10, p. 31.

лей, показывает, что корневые системы ветвятся примерно в тысячу раз интенсивнее, чем надземные органы. Таким образом, Сабинин первым установил роль нуклеопротеидов в ростовых процессах растений.

В Заключении Сабинин подчеркнул значимость специфических продуктов метаболизма корней для надземных органов. При этом он предложил использовать эти данные для раскрытия существующей взаимосвязи между деятельностью корневых систем и надземных органов.

Такова в очень кратких чертах сущность этого замечательного по обобщающей силе мысли произведения, не потерявшего своего научного значения и в наши дни.

В 1955 г., уже после смерти Сабинина, вышла в свет его монография «Физиологические основы питания растений». Книга открывалась редакционным предисловием, содержащим развернутую характеристику этого замечательного научного труда. Вот несколько выдержек из этого первого отзыва о монографии Сабинина.

«... В книге дается глубокое освещение основных процессов корневого и воздушного питания растений. Сложный процесс питания рассматривается в связи с условиями существования растений. Написана книга увлекательно, она будит мысль и, несомненно, принесет большую пользу биологам и агрономам, а особенно физиологам растений. Д. А. Сабинин не ставил себе задачу дать исчерпывающую сводку по тому или иному вопросу. Он выбрал лишь те факты, которые считал наиболее трудными и интересными, и творчески их освещал. Огромная эрудиция автора в самых разнообразных вопросах физиологии растений и в соприкасающихся с ней областях позволила ему дать весьма содержательное, а подчас и блестящее изложение рассматриваемых проблем. Подобной монографии нет ни в русской, ни в зарубежной литературе...

Перейдем теперь к краткой характеристике ее отдельных глав. Значительный интерес, несомненно, представляет первая глава — об организации протопласта растительной клетки. Главное достоинство первой главы в том, что автор рассматривает структуру протопласта как динамическое явление, как процесс, и отвергает распространенное механическое представление Фрей-Висслинга⁵⁶

⁵⁶ См.: Фрей-Висслинг А. Субмикроскопическое строение протоплазмы и ее производных. М.: ИЛ, 1950.

о постоянной, субмикроскопической скелетной структуре протоплазмы (Фрей-Висслинг исходил из аналогии со строением клетчатки и крахмальных зерен). Д. А. Сабинин приводит факты, доказывающие, что характер структуры протоплазмы изменяется под влиянием изменений окружающих условий.

Следует отметить исключительно логичное изложение основ учения о коацервации. Автор очень ясно систематизирует явления коацервации, выделяя три ее типа соответственно трем видам взаимодействий между молекулами в коллоидных средах: процессу гидратации молекул коллоидов, электростатическому притяжению между заряженными коллоидными частицами, или группировками атомов—носителями зарядов, и, наконец, притяжению за счет сил Ван-дер-Ваальса. Электростатическое притяжение между заряженными коллоидными частицами как фактор структурообразования поможет понять исключительную роль кальция в поддержании структур плазмы, объяснить колпачковый плазмолиз, антагонизм ионов и другие процессы, рассматриваемые в третьей главе.

Интересным заключением изложения вопроса структурообразования является оригинальное освещение процессов вакуолизации плазмы. Известно, что одним из признаков старения растительного организма является накопление аминокислот и некоторых органических кислот. Как показывает автор, эти вещества являются структурообразователями и их накопление может привести к сближению макромолекул биокolloидов. В результате должны уменьшиться гидратационные оболочки последних. Часть воды, которая уже не удерживается коллоидами, вследствие поляризованности пограничных образований выделяется в вакуоль, приводя к увеличению ее размеров. С другой стороны, падение гидрофильности плазмы приводит к дальнейшему уменьшению ее синтетической способности и накоплению аминокислот и других продуктов обмена, способных быть структурообразователями. Отсюда ясна взаимообусловленность структуры плазмы и обмена веществ. Малейшие изменения в жизнедеятельности растительной клетки приводят к изменению строения и свойств структуры протоплазмы. Поэтому структура живого протопласта является исключительно изменчивой и лабильной. В свою очередь, состояние структуры протоплазмы влияет на процессы жизнедея-

тельности клетки. Отсюда — взаимозависимость и взаимообусловленность структуры протоплазмы растительной клетки и ее жизнедеятельности.

Вторая глава (Обмен воды в растениях) посвящена трем основным вопросам: поглощению воды растением, проведению воды по растению и расходованию им воды. Д. А. Сабинин, не работавший специально по водному режиму растений⁵⁷, тем не менее в этой главе дал интересную трактовку ряда явлений. Нельзя, например, не согласиться с ним в том, что в русской литературе были сильно переоценены работы Бриггса и Шантца. Много внимания уделено поглощению воды корневой системой растения, изложению работ по теории сцепления и вопросам набухания коллоидов. Наиболее ценны во второй главе развиваемые Д. А. Сабининым представления о поступлении воды в зависимости от жизнедеятельности организма и о роли коллоидов плазмы в поглощении воды. Интересна схема полярного передвижения воды по живой клетке вследствие неодинакового напряжения физиологических процессов на различных сторонах клетки.

Третья глава посвящена минеральному питанию растений, в основном процессу поглощения минеральных веществ, круговороту их в корневых системах и надземных органах растений и превращению соединений азота и серы в этом круговороте. В заключение автор кратко касается физиологической роли отдельных микроэлементов... Глава написана очень интересно, однако не дает полного представления о всех проблемах этого раздела физиологии растений. Ее особое значение мы видим в другом: она знакомит с одним из самых существенных вопросов — с поглощением и усвоением минеральных веществ, заставляет читателей как бы присутствовать при его решении и при рождении новых исследовательских задач...

Весьма интересен раздел главы о круговороте элементов минерального питания в растении...

Корневая система, по мнению автора, является не

⁵⁷ Роль обмена веществ в водоудерживающей способности тканей растений была показана в работе аспирантки Сабинина О. А. Семихатовой (1950 г.). Семихатова вскрыла зависимость водоудерживающей способности у овса от дыхания: прекращение этого процесса вело к снижению удерживания воды молодыми листьями.

только органом поглощения, но также и органом превращения и синтеза новых органических соединений, играющих важную роль в общем обмене веществ в растении. Эти представления автора находят все новые подтверждения в работах других исследователей (О. Ф. Туева, И. И. Колосов, А. Л. Курсанов, А. И. Кузин и др.).

Большой заслугой Д. А. Сабина является правильная оценка значения меченых атомов для решения ряда трудных вопросов минерального питания растений...

Интересно написана четвертая глава — о фотосинтезе растений. Знания в этой области развиваются за последнее время особенно быстро, и, если бы автор писал главу сейчас, можно было привести более новые сведения по таким вопросам, как состояние пигментов в пластидах, механизм фотохимической реакции фотосинтеза, первые промежуточные и конечные продукты фотосинтеза и т. д. ... Однако, хотя путь к решению этих вопросов только намечался, Д. А. Сабинин хорошо учел перспективы их развития и дал им правильное истолкование...

Последняя, пятая, глава монографии посвящена дыханию растений. Д. А. Сабинин был не только очевидцем, но и участником разработки В. И. Палладиным теории дыхания, лежащей в основе современных представлений в этой области... Дыхание излагается здесь не как сумма ферментативных реакций, за изложением деталей которых у других авторов ускользает их связь, а как сложный физиологический процесс, отдельные звенья которого тесно взаимосвязаны...

Книга Д. А. Сабина принесет большую пользу развитию нашей советской науки в области физиологии растений»⁵⁸.

Высокую оценку этому труду в свое время дал крупный фитофизиолог профессор Казанского университета А. М. Алексеев. Вот что он писал вдове Д. А. Сабина Е. Г. Мининой:

«Глубокоуважаемая
Елена Григорьевна!

Приношу Вам горячую благодарность за присылку мне книги Д. А. Сабина „Физиологические основы пи-

⁵⁸ Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 3—8.

тания растений". Ваше внимание ко мне меня очень тронуло! Я высоко ценил Дмитрия Анатольевича как самого крупного нашего физиолога растений и всегда уважал его за его принципиальность и стойкость в научной работе. Поэтому получить в память о нем его прекрасную книгу, особенно от Вас, его ближайшего друга и сотрудника, было мне очень отрадно! Еще раз выражаю Вам свою признательность и желаю Вам успехов в научной работе.

г. Казань
11.X-55 г.

Уважающий Вас
А. Алексеев»

Е. В. Бобко в статье, посвященной памяти Д. А. Сабина, сказал о его монографии следующее: «Д. А. Сабинин пользовался большим уважением и любовью со стороны лиц, близко его знавших, и своих многочисленных учеников. Вполне понятно поэтому, что группа друзей, учеников и сотрудников Дмитрия Анатольевича взяла на себя труд опубликовать уже после смерти автора основной труд его жизни, носящий название «Физиологические основы питания растений». Эта книга является лучшим памятником ученому, так много сделавшему для развития науки физиологии растений в нашей стране»⁵⁹.

Итоги работ Д. А. Сабина в области минерального питания растений очень хорошо охарактеризовал его ученик И. И. Колосов. «В работах Д. А. Сабина, — констатировал он, — проблема питания встает как крупная биологическая проблема, имеющая большое теоретическое и практическое значение. Поглощение и усвоение веществ растениями является, как показали работы Д. А. Сабина и его учеников, активным физиологическим процессом, зависящим от развития и деятельности всех частей и органов растения как целостного организма, а именно: от роста и дыхания корней, формирования и фотосинтеза надземных органов и от хода всего обмена веществ в организме.

Исключительно важное значение имеет развитое Д. А. Сабининым положение об активной роли корневой системы не только в поглощении, но и в превращении ми-

⁵⁹ Бобко Е. В. Памяти Д. А. Сабина. — Удобрение и урожай, 1956, № 4, с. 54.

неральных веществ в разнообразные жизненно важные органические соединения. Деятельность корневой системы по Д. А. Сабину — это одно из звеньев общего круговорота и обмена минеральных и органических веществ в растении».

Влияние минерального питания и высоких концентраций солей на ход физиологических процессов в растении

Ряд учеников Д. А. Сабина посвятили свои исследования изучению действия минерального питания на некоторые физиологические процессы в растениях. При этом они стремились определить, как с помощью минерального питания можно регулировать ход этих процессов, в той или иной степени влиять на образование сельскохозяйственными растениями важных для человека веществ.

Сабинин подходил к управлению обменом веществ и формообразовательными процессами у растений с помощью варьирования условий питания, регулирования реакции и других факторов среды. «Посредством изменения обмена он намечал пути к управлению образованием эфирных масел и каучука в растениях, формированием зерна и созданием урожая и даже к управлению половыми признаками и изменению природы растений»⁶⁰.

В свое время С. С. Андреев под руководством Сабина подготовил кандидатскую диссертацию, посвященную изучению поглощающей деятельности корневой системы от фаз и стадий развития растения. (В 1955 г. ее основные положения были опубликованы в виде небольшой статьи.) В работе устанавливаются различия в поглощательной способности корневой системы в зависимости от изменений скорости развития при яровизации озимой пшеницы «московская 02411». Автор изучил следующие особенности яровизируемых и контрольных растений: объем и длина корней; общая адсорбция и рабочая поглощающая поверхность корней; изменения pH среды под влиянием корней; поглощательная способность корней

⁶⁰ Колосов И. И. Собрание, посвященное 65-летию со дня рождения профессора, доктора биологических наук Д. А. Сабина. — Физиология растений, 1955, вып. 2, № 1, с. 95.

(на примере фосфора). Он констатировал уменьшение объема и рабочей поглощающей поверхности корней у яровизированных растений при одновременном увеличении их удельной поверхности (поверхность корня, отнесенная к единице объема). Большая удельная поглощающая поверхность обеспечивала яровизированные растения необходимым количеством питательных веществ. После образования узловых корней к ним переходила функция поглощения.

Большой интерес представляли работы по влиянию минерального питания на фотосинтез. К ним относятся, например, исследование Т. Ф. Андреевой, проведенное в 1948 г. под руководством Сабинина. В результате тщательных экспериментов с недостаточным, нормальным и избыточным питанием Андреевой удалось подтвердить мнение об отсутствии влияния достаточного корневого питания на интенсивность фотосинтеза. В то же время она установила косвенную роль в этом процессе фосфатного питания, которое изменяет темп развития растений. У растений различного фосфатного питания наблюдалась неодинаковая интенсивность фотосинтеза. Андреева констатирует благоприятное влияние фосфатного питания на рост, развитие и урожай.

В этом же направлении развивались и работы Д. М. Головки⁶¹, выполненные в лаборатории физиологии растений ВИУАА. Головка изучал действие азотного и калийного питания на фотосинтез и ростовые процессы. При этом он учитывал возраст листа и проводил свое изучение на вполне сформировавшихся средних и нижних листьях. Он отмечал, что минеральные удобрения влияют на фотосинтез двояким образом: через увеличение ассимиляционной поверхности и непосредственно повышая интенсивность фотосинтеза. Головка подчеркивал, что дробное внесение азота по фазам развития растения повышает интенсивность фотосинтеза. Варьированием соотношения между азотом и калием можно, по его мнению, регулировать относительный рост отдельных органов. Применение удобрений по фазам роста повышает хозяйственно ценную часть урожая. Например, при выращивании подсолнеч-

⁶¹ Головка Д. М. Влияние азотного и калийного питания на фотосинтез, рост и формирование растений: Тезисы совещания по физиологии растений. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 171.

ника внесение в почву части азота в фазу бутонизации увеличивает интенсивность фотосинтеза и повышает урожай семян. Интенсивность фотосинтеза и урожай корней сахарной свеклы возрастают с увеличением в почве калия в период сахаронакопления (при умеренном азотном питании).

Сотрудница Сабина С. С. Баславская⁶² провела со студентами-дипломниками МГУ серию опытов по изучению влияния элементов минерального питания (калия, азота и фосфора) на фотосинтез как отдельных видов водорослей, так и покрытосеменных водных растений водоемов. В результате было обнаружено влияние минерального питания на интенсивность фотосинтеза и на продуктивность водоема. В частности, экспериментаторы установили значительное повышение интенсивности фотосинтеза под влиянием солей калия.

Необходимо отметить, что сотрудники лаборатории Сабина уделяли внимание и ионам, вызывающим засоление почвы. Например, Баславская изучала действие хлор-иона на углеводный обмен растений. Исследуя повреждения, вызываемые хлор-ионом на картофель, растение очень чувствительное к хлорсодержащим удобрениям, она пришла к важному выводу: высокие дозы хлористых солей уменьшают содержание хлорофилла и общее количество углеводов, а также ослабевает интенсивность фотосинтеза⁶³.

В дальнейшем Баславская более глубоко изучила влияние хлористых солей на распад крахмала у некоторых культурных гликофитных растений, а также работу некоторых ферментов амилазы и инвертазы (сахаразы)⁶⁴.

⁶² Баславская С. С., Кобленц-Мишке О. И., Удалова Л. А. Действие элементов минерального питания на фотосинтез водорослей. — Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 1942, т. 9, вып. 1, с. 197; Баславская С. С., Михайлова Г. Д., Шведская З. М. Действие солей калия на фотосинтез. — Там же, 1943, т. 6, вып. 2, с. 19; Баславская С. С., Журавлева Н. А. Действие калийных солей на фотосинтез *Elydaea canadensis*. — Бот. журнал, 1948, т. 33, вып. 4; Баславская С. С. Влияние хлористых солей на деятельность амилазы в растениях. — Биохимия, 1943, т. 8, вып. 4, с. 213.

⁶³ Баславская С. С. Влияние хлоридов на углеводный обмен в растениях: Тезисы докладов совещания по физиологии растений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 76.

⁶⁴ Баславская С. С. Влияние хлористых солей на распад крахмала в растениях. — Учен. зап. МГУ. Ботаника, 1940, вып. 36, с. 51.

Она отметила энергичный распад крахмала под влиянием хлористых солей, связанный с действием ионов хлора, а не с общим повышением концентрации солей в листьях (табак, подсолнечник).

Значительный интерес, представляет исследование И. И. Колосова, Ю. А. Самыгина и М. И. Сорокиной⁶⁵, проведенное под руководством Сабинина. Оно посвящено влиянию засоления на коллоидно-химические свойства тканей у растений. С нашей точки зрения, эта работа в большей степени затрагивает солевой обмен в растениях, чем солеустойчивость. Авторы разработали оригинальную методику извлечения воднорастворимых и адсорбированных солей. Опыты проводились с растениями пшеницы. В итоге исследователи пришли к интересным выводам. Оказалось, что засоление почвы солями NaCl и KCl вызывает изменение коллоидно-химических свойств тканей растения. В нем уменьшается отношение воднорастворимых ионов K и Ca к адсорбированным, иначе говоря, увеличивается адсорбирующая способность тканей.

Регулирование количества и качества веществ, синтезируемых растением под влиянием минерального питания и других факторов

Вопросы качества и количества веществ, синтезируемых растением, занимали видное место в исследованиях Д. А. Сабинина. Было установлено, что эти свойства можно сильно изменить путем варьирования минерального питания. Именно в этом направлении под руководством Сабинина работал Калинин. Его эксперименты касались накопления каучука в каучуконосе кок-сагызе. Калининичу удалось повлиять на этот процесс, снабжая растение восстановленными аммонийными солями. В то же время более окисленные соединения (нитраты) уменьшали содержание каучука в растении. Другие исследователи (Минина и Ворона) изменяли процесс накопления

⁶⁵ Колосов И. И., Самыгин Ю. А., Сорокина М. И. Влияние засоления на коллоидно-химические свойства тканей растений. — В кн.: Труды комиссии по ирригации. М.: Изд-во АН СССР, 1936, вып. 8, с. 127—148.

каучука в кок-сагызе применением соответствующей техники внесения удобрений.

В работах Е. Г. Мининой и А. Некрасова, М. И. Поповой и И. А. Куколкина, выполненных в 1936 г., была показана возможность повышения белковости зерна у злаков. Незадолго до этого Попова добилась увеличения выхода эфирных масел у различных эфирносов (1935 г.).

В 1940 г. С. Г. Ильин исследовал влияние удобрений на выход эфирного масла у мяты перечной (*Mentha piperita* L.) и кориандра (*Coriandrum sativum*). Ему удалось выявить значение техники внесения удобрений в накоплении эфирного масла в этих растениях. По данным Ильина, изменение сроков внесения азотистых удобрений влечет за собой увеличение урожая и выхода эфирного масла. При этом Ильин считает, что периодическое азотное питание создает сдвиг биохимических процессов в сторону воднорастворимых углеводов. Последнее и обуславливает повышение относительного содержания эфирного масла в тканях листа. Искусственное обогащение изолированных органов растений азотом вело к снижению в них содержания эфирного масла, под действием углеводов его содержание повышалось.

Дальнейшее продолжение это направление исследований Сабинаина нашло в монографии А. В. Владимирова⁶⁶. Экспериментируя с листьями махорки, он наблюдал большее накопление в них лимонной кислоты под влиянием окисленных форм азота (нитратов) и ее уменьшение — в результате действия аммонийных солей. Таким образом, в работах Сабинаина и его учеников и последователей по влиянию удобрений на физиологические процессы решалась большая практическая задача регулирования количества и качества урожая.

В аналогичном русле протекали исследования ученицы Сабинаина П. Г. Марсаковой, которые она проводила в Средней Азии. Марсакова⁶⁷, изучая влияние удобрений на морозоустойчивость каучуконоса гвайюлы, установила тесную связь между морозоустойчивостью и накоплением каучука. Каучук как набухающий коллоид увеличивал

⁶⁶ Владимиров А. В. Физиологические основы применения азотистых и калийных удобрений. М.: Сельхозгиз, 1948.

⁶⁷ Марсакова П. Г. Влияние минеральных удобрений на морозоустойчивость гвайюлы. — Тр. Узбекского ун-та, Самарканд, 1937, т. 10.

количество связанной воды, в результате чего уменьшалось ее содержание в полости клетки и протоплазмы. Марсакова пришла к выводу о том, что фосфорное и фосфорно-калийное удобрения являются фактором повышения урожая вегетативной массы и процентного содержания каучука в тканях гвайюлы.

Не менее важные выводы были получены Марсаковой при изучении влияния удобрений на рост и развитие каучуконоса кок-сагыза⁶⁸. Оказалось, что его рост и развитие стимулируются органическим удобрением в виде навоза и зеленого удобрения. Опилки, содержащие большое количество лигнина, влияли на растение депрессивно. Вегетационный период кок-сагыза по зеленому и навозному удобрению длился более продолжительный срок (по сравнению с контрольными растениями): вегетация прекратилась только поздней осенью под влиянием заморозков.

Весьма интересны результаты, полученные О. М. Трубецковой и О. С. Семеновой (Энгель) при выяснении причин высокой белковости зерна в аридных условиях. Исследователи показали, что атмосферная засуха вызывает сильный поток ассимилятов и азота вегетативных органов к колосьям и приводит к высокому содержанию в них белка. Дробное внесение в почву азота при посеве и азотные подкормки в фазу кущения и цветения способствовали повышению в растениях содержания белка с 15,9 до 22,8% в условиях оптимальной влажности.

Несомненную ценность представляет исследование влияния завядания на содержание азота в зерне ячменя, проведенное О. М. Трубецковой и группой сотрудников⁶⁹. Авторы отмечают, что водный дефицит не только приводит к изменению водного режима, но и вызывает ряд превращений азотистых веществ. Направление потока растворимых азотистых соединений зависит от фазы развития растений. Увеличение коэффициента кущения связано

⁶⁸ Марсакова П. Г. Влияние органического удобрения на развитие и каучуконость кок-сагыза. Печажаский кок-сагыз. — Тр. Узбекского ун-та, Самарканд, 1939, т. 12, с. 1—13.

⁶⁹ Трубецкова О. М., Семенова О. С., Бронвицкая З. С., Зеликсон Б. М. Влияние временного завядания и временного отсутствия света на структуру урожая и содержание азота в зерне ячменя: Тезисы совещания по физиологии растений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940.

с притоком азотистых соединений в узлы кущений, откуда они направляются в репродуктивные органы. В ряде опытов было установлено, что под влиянием засухи содержание азота в зерне достигает 50%. Вызванное недостатком воды завядание ведет к уменьшению урожая зерна, однако свою роль играют здесь и продукты распада белка. Экспериментаторами показано и значение света в этом процессе: в помещенных на трое суток в темноту растениях ячменя наблюдалось повышение содержания азота до 50% (в зерне).

Физиологические основы применения удобрений и научные основы агрономии

В исследованиях, проведенных Д. А. Сабининым и его учениками в Смоленской области (на Энгельгардтовской станции) и в Средней Азии, были заложены физиологические основы применения удобрений и регулирования количества и качества урожая. В этой же связи бесспорный научный и практический интерес представляет сборник статей, выпущенный в 1936 г. под редакцией Сабинина. Он включает предисловие Сабинина и две его статьи, написанные в соавторстве с сотрудниками и затрагивающие вопросы диагностирования минерального питания льна, а также значения подпахотного горизонта почв для опытных растений, несколько статей С. С. Баславской о роли реакции среды в развитии организма растения и влияния хлор-иона на растения в связи с его высоким содержанием в некоторых удобрениях, статьи А. П. Щербакова, выясняющие влияние соотношений кальция и магния на развитие растений. Некоторые работы, отраженные в этом сборнике, были выполнены под руководством профессора М. К. Домонтовича.

В интересном написанном предисловии к сборнику отмечаются значение и все возрастающая роль физиологии растений в практике сельского хозяйства. При этом Сабинин подвергает критике господствовавшее в научно-агрономической литературе тех лет представление об универсальности закона, выраженного Митчерлихом в его уравнении о факторах, обуславливающих накопление урожая: «Применение этого уравнения, — констатировал

Сабинин, — просто снимало как практически не актуальные все те вопросы, которые должны стать предметом обширных и длительных исследований. Попытка подменить все многообразие взаимоотношений между растением и средой одним уравнением скорости реакций первого порядка и универсальными константами, пригодными для всех растений и почв, является недопустимым схематизмом. Он не может быть оправдан и как первое приближение, годное для целей практики. Попытка Митчерлиха вывести опытное дело из тупика эмпиризма путем навязывания природе универсального упрощенного закона оказалась неудачной»⁷⁰.

Сабинин опубликовал в сборнике две статьи. Об одной из них — по диагностированию минерального питания льна — уже говорилось выше. Здесь мы остановимся на второй, посвященной важному принципиальному вопросу — значению подпахотного горизонта для минерального питания растений. В этой статье дается критика весового метода определения распространения корневой системы, не учитывающего наиболее активную, физиологически поглощающую часть корней. Авторы отмечают, что в свое время Боллс ввел понятие о «физиологическом центре тяжести корневой системы», т. е. о наибольшей массе поглощающих корней. Затем он же⁷¹, а позднее также В. И. Цивинский⁷² показали, что этот центр у хлопчатника к стадии цветения смещается в более глубокие горизонты почвы. Вегетационные опыты с подпахотными горизонтами почв всегда показывали значительное снижение урожайности по сравнению с экспериментами в условиях пахотного горизонта. В этой связи авторы статьи указывают на несравнимость вегетационных и полевых опытов в виду того, что в поле растение может использовать огромный объем подпахотного горизонта: «Следовательно, — заключают авторы статьи, — весь тот обширный материал вегетационных опытов, который мы имеем в литературе по вопросу о продуктивности горизонтов почвен-

⁷⁰ Исследования в области минерального питания растений: Сборник работ/ Под ред. и с предисл. Д. А. Сабинина. М.: Изд-во АН СССР, 1936, с. 3.

⁷¹ *Bolls W.* The movement of soil water in Egyptian cotton field. — *J. Agr. Sci.*, 1913, vol. 5.

⁷² *Цивинский В. И.* К изучению морфологии и физиологии корневой системы хлопчатника. Ташкент, 1933.

ного профиля, нуждается в критическом пересмотре»⁷³. Наблюдения за льном как в деляночном полевом, так и вегетационном опыте, проведенном при культуре растения по генетическим горизонтам почвы, позволили авторам сделать ряд практических выводов. Оказалось, что в вегетационном опыте продуктивность подпахотного горизонта A_2 (при условии, что продуктивность пахотного равна 100%) составляет всего 11,0%, а в нижележащем горизонте B_1 —7,2%. В то же время она сильно возрастала в условиях полевого опыта, давая соответственно для A_2 —33% и для B_1 —11,4%. В статье подчеркивалась важность значения подпахотных горизонтов и обосновывались приемы более глубокой заделки удобрений.

В дальнейшем, работая в Средней Азии, Сабинин внес большой вклад в решение важного вопроса — применения удобрений под основную сельскохозяйственную культуру данного района — хлопчатник. В 1932 г. он совместно с Д. В. Харьковым создал первый справочник по удобрению хлопчатника, сыгравший значительную роль в развитии местной агрономической службы. Такую же роль играли эксперименты Сабинина, в частности, по выяснению влияния азотистых и фосфорнокислых удобрений на урожай хлопчатника.

В результате вегетационных опытов с почвенными культурами хлопчатника, проведенных в 1931 г., Сабинин сделал ряд принципиальных выводов, выходящих за рамки обычных агрохимических представлений о роли удобрений. Ученый показал значение соотношения между дозами азотистых и фосфорнокислых удобрений для определения темпа развития хлопчатника. По его наблюдениям, депрессия высоких доз различных азотистых удобрений снимается действием фосфорных удобрений (суперфосфата).

Вновь подвергнув критике модную тогда теорию Митчерлиха, Сабинин доказал, что уравнение Митчерлиха-Бауле не отражает всей сложности зависимости урожая хлопка-сырца от смесей азота и фосфора.

Выводы Сабинина по теории изменения продуктивности растения под влиянием удобрений были развиты

⁷³ Исследования в области минерального питания растений: Сборник работ/ Под ред. и предисл. Д. А. Сабинина, с. 62.

в работах его учеников и последователей, например О. Ф. Туевой⁷⁴.

Последователи Сабинаина значительно расширили и его рекомендации по технике внесения удобрений. «Многолетние исследования в Средней Азии (Цивинский, Голодковский, Мачигин, Кудрин, Жориков и Белоусов), — отмечал Шконде, — дали возможность подтвердить и развить идеи Д. А. о способах внесения азотных и фосфорных удобрений, об их соотношении в системе питания хлопчатника и о сроках внесения азотных удобрений» (Шконде, 1957, с. 1132).

Эти идеи нашли отражение и в статье Сабинаина, опубликованной в одном из номеров «Коммунистического Востока» (1931 г.). По мнению ученого, внося азотные удобрения под хлопчатник, мы удобряем не столько растения, сколько почву и, в частности, способствуем развитию в ней микроорганизмов. Хлопчатник в первые фазы роста очень чувствителен к высоким дозам удобрений, в то же время его зацветание связано с азотистыми удобрениями. Поэтому лучше закладывать удобрения в почву в непосредственной близости от семян, но на большую глубину. Очень жаркий климат вызывает сильное испарение с поверхности почвы. Вместе с водой на поверхность могут подняться неглубоко заделанные удобрения, став недоступными для более глубоких частей корневой системы. По расчету Сабинаина примерно $\frac{1}{3}$ удобрений следует вносить перед посевом и $\frac{2}{3}$ — в период бутонизации.

Подробно останавливается Сабинин на технической стороне вопроса внесения удобрений. «Как осуществлять механизированное внесение удобрений во второй срок? — спрашивал ученый. — Это можно сделать, приурочив эту операцию к культивации, следующей за первым поливом. Для этого нужно только снабдить культиваторы прицепляющимися к ним спереди туковыми сеялками. Внесенное удобрение будет заделываться идущим сзади культиватором. Удобрение должно высеиваться на дно борозды на глубину 15 сантиметров»⁷⁵.

⁷⁴ Туева О. Ф. Влияние азотно-фосфорного питания на развитие хлопчатника. — Химизация культуры хлопчатника, 1933, вып. 52; Она же. Физиологические обоснования применения удобрений под хлопчатник. — Советский хлопок, 1937, № 2, с. 29.

⁷⁵ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 12. О технике применения удобрений. Машинопись, 1938.

В этой связи Шконде отмечал большую роль Сабинина в разработке агротехнических требований к машинам для внесения удобрений: «Наши будущие туковые сеялки, — писал он (Сабинин. — П. Г.), — должны быть комбинированными машинами, т. е. комбинированной сеялкой для семян и для удобрений и комбинированным культиватором или орудием с присоединенными к ним туковыми сеялками»⁷⁶.

О значении техники внесения удобрений Сабинин говорил и в ряде докладов, например на сессии АН Белорусии⁷⁷. По мнению докладчика, техническая сторона внесения удобрений долгое время считалась вне сферы серьезного научного обсуждения. Однако жизнь показала ее важность.

Сабинин выделил три основных в этой области момента: сроки внесения удобрений; способы и глубина заделки и размещение удобрений по отношению к семенам и растениям. Митчерлих и его единомышленники, по словам Сабинина, ошибочно принимали прямую пропорциональную зависимость между количеством поглощаемых растением веществ и урожаем. В их работах в отличие от советских исследований не учитывалось наличие реакции, свидетельствующей о потребности растения резко изменяться на разных этапах своего развития. Сабинин указывал на важность создания необходимых условий питания в начальные фазы роста растений, так как, например, у зерновых генеративные органы закладываются очень рано. Обосновывая тезис о значительном влиянии внешних условий на растение в начальные фазы его развития, Сабинин сослался на данные исследований П. А. Генкеля по предпосевному закаливанию и на работы И. Тювина с предпосевным прогреванием сухого зерна до 100° С. Имея в виду восприимчивость семян к условиям окружающей среды, Сабинин писал: «Ведь в прорастающем семени мы имеем дело с организмом, состоящим из эмбриональных тканей; зародыш особенно отзывчив на все внешние условия. В этот период условия питания определяют дальнейшее развитие организма»⁷⁸.

⁷⁶ Шконде Э. И. Значение работ Д. А. Сабинина для агрономии. — Бот. журнал, 1957, т. 42, вып. 7, с. 1129.

⁷⁷ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 6, с. 15—16.

⁷⁸ Там же, с. 4.

Сабинин констатировал значительное количество случаев гибели растений во время вегетационного периода в результате нехватки воды. По мнению ученого, соответствующим внесением удобрений можно влиять на более низкую закладку узла кущения и тем самым обеспечивать лучший водный режим и меньший процент гибели растений от недостатка воды.

Техника внесения удобрений, по твердому убеждению Сабинина, влияет на оплодотворение, число колосков и озерненность колоса, а также на налив зерна. Своевременный учет потребности растения в питательных веществах таит в себе громадные резервы повышения урожайности.

В середине 30-х годов В. И. Цивинский под руководством Д. А. Сабинина поставил ряд экспериментов, в которых затронул два важных вопроса, связанных с развитием растения: распределение корневой системы хлопчатника по профилю почвы и влияние плодоношения на транспирацию. Цивинский установил довольно глубокое проникание корневой системы по почвенному профилю. Кроме того, он показал, что плодоношение хлопчатника уменьшает интенсивность его транспирации, указав, таким образом, на новый фактор в водном режиме растений. С установлением Цивинским критического периода в отношении водного режима удалось в какой-то мере начать разработку рекомендаций для агротехники хлопчатника: данные этого исследования послужили основанием для распределения поливов под хлопчатник.

Тесно связывая свои исследования с практикой сельского хозяйства, Сабинин поставил вопрос о критерии физиологической оценки урожая различных культур. По его мнению, было совершенно недостаточным судить о действии удобрений и других агротехнических приемов только по конечному урожаю. Главную роль при этом должна играть оценка структуры урожая — выяснение, за счет каких признаков растения (высокий абсолютный вес зерна, увеличение числа зерен в колосе и числа колосьев и т. д.) сложился его урожай. Этим путем, считал Сабинин, как бы восстанавливается история формирования урожая. Таким образом, понятие структуры урожая, перенесенное из области селекции, «пришлось ко двору» и в области физиологии растений. Оно помогало точнее

представить механизм регулирования урожая путем изменения формы и техники внесения удобрений и т. п.

В конце 30-х годов ученик Сабинина Н. З. Станков установил влияние на структуру урожая яровой пшеницы и ячменя минерального питания. Оказалось, что число цветков в колосе пшеницы зависит от обеспеченности азотом в период закладки цветков. На число цветков, закладываемых в колосе пшеницы, в этот период развития влияла и относительная влажность воздуха⁷⁹.

Интересное исследование структуры урожая семенников сахарной свеклы провела в 1950 г. К. А. Еремич. Эта работа, проведенная под руководством Сабинина в Ботаническом саду Воронежского университета, дала важные результаты. На основании полевых опытов Еремич пришла к выводу, что основным элементом структуры урожая является рост числа стеблей, которого можно достичь, обеспечивая азотом высадки в первые фазы их развития. Азотная подкормка, внесенная под высадки во время их стеблевания, увеличивала число стеблей, но уменьшала продуктивность цветения. Последнее влекло за собой уменьшение плотности в размещении клубочков на стеблях и как следствие этого — падение продуктивности высадок.

О. Ф. Туева⁸⁰ провела исследование структуры урожая хлопчатника с засоленной почвы. В результате она констатировала, что на сильно засоленной почве растения приобретали облик очень позднеспелого сорта. Эти растения имели более высокую закладку первого симподия (плодовой ветви). Если фаза бутонизации у них запаздывала, то другие фазы ускорялись и созревание наступало обычно раньше срока. Снижение веса коробочки хлопчатника с засоленной почвы происходит за счет снижения веса летучки и увеличения процента щуплых летучек. Условия засоленности почвы отрицательно влияли на продуктивность единицы листовой поверхности.

⁷⁹ Станков Н. З. Изменения в структуре урожая злаков в зависимости от условий минерального питания. — Докл. Акад. с.-х. наук им. Ленина, 1938, вып. 13.

⁸⁰ Туева О. Ф. Темпы развития и структура урожая хлопчатника засоленных местообитаний. — В кн.: Тезисы докладов по физиологии растений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 108; Она же. Влияние азотно-фосфорного питания на темп цветения и структуру урожая хлопчатника. — Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 1946, т. 3, вып. 2.

Более подробно о влиянии удобрений на структуру урожая хлопчатника на засоленной почве О. Ф. Туева рассказала в другой работе⁸¹. В частности, она установила, что урожай сырца хлопчатника при различных условиях минерального питания формируется или за счет плодовых мест, или путем снижения процента опадающих завязей и увеличения веса коробочки, или в результате одновременного изменения всех этих признаков. Позднее П. А. Генкель, проводя исследование в полевых условиях Троицкого лесостепного заповедника (Челябинская обл.)⁸², констатировал значительные изменения в структуре урожая у предпосевнозакаленных против засухи яровых пшеницы по сравнению с контрольными образцами.

К исследованиям Сабинина, тесно связанным с нуждами сельского хозяйства, следует отнести и целый ряд его работ по симбиозу мотыльковых растений с клубеньковыми растениями, выполненных в ВИУАА, а также труды по диагностике минерального питания.

Большую ценность представляют материалы наблюдений Сабинина по культуре тунга: китайского *Aleuritis fordii* и японского *Aleuritis cordata*. Как известно, тунг является ценнейшим техническим растением; из его плодов, в частности, изготавливается масло для самолетов. В 40-х годах XX в. началось массовое усыхание тунга. Созданные по этому поводу комиссии (председателем одной из них в 1940 г. был Д. А. Сабинин) пришли к выводу о том, что причиной бедствия являются не вирусные, грибные и бактериальные заболевания или зимние повреждения и засуха, как считалось раньше, а какие-то другие явления.

Сабинин приступил к решению этого вопроса с изучения ростовых процессов. Оказалось, что оба вида тунга, особенно китайский, отличаются очень сильным ростом. В процессе исследования Сабинин установил, что на маломощных, в отношении гумуса, почвах, когда корневая система достигает нижних горизонтов почвы, начинается нехватка питательных веществ, усугубляемая пло-

⁸¹ Туева О. Ф., Марсакова П. Г. Развитие хлопчатника в условиях различного засоления почвы. — В кн.: Проблемы советского почвоведения, 1941, № 13.

⁸² Генкель П. А. Устойчивость растений к засухе и пути ее повышения. — Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 1946, т. 5, вып. 1, с. 1—238.

доношением. Все это приводило к началу процесса усыхания растений⁸³. Ученый составил подробный план многолетней работы по изучению причин усыхания тунга⁸⁴.

Важное место в исследованиях Сабинина и его учеников занимала проблема полегания зерновых культур. Именно этой теме посвятил свою работу И. А. Волков, выполненную в 1939—1940 гг. под руководством Сабинина. В ней были четко намечены три типа полегания: в связи со слабым развитием механических тканей стебля; в результате завядания при резком переходе от влажной весны к засушливому лету; обусловленное слабым сцеплением корневой системы с почвой. Случаи полегания наблюдались в условиях разжижения почвы от поливов. При борьбе с полеганием, по мнению Волкова, должны учитываться все вышеуказанные типы. В своих экспериментах он показал, что повышенное отношение фосфорно-калийного питания к азотистому питанию ускоряет образование механической ткани и препятствует полеганию. Опасность возникновения этого явления уменьшалась и в случае дробного внесения в почву азота на фоне достаточных доз фосфорно-калийных удобрений. В качестве наиболее эффективных приемов борьбы с полеганием, помимо селекционных мероприятий, Волков рекомендует использовать минеральные удобрения, а также регулирование полива и агротехнические мероприятия (обработка почвы)⁸⁵.

Сабинин был горячим пропагандистом тесной связи науки с практикой. Об этом свидетельствовали не только его печатные труды, но и многие выступления на различных научных конференциях⁸⁶. Так, в докладе, прочитанном в ВИУАА в 1935 г., он проводит мысль об идейном вооружении экспериментальных работ. Ученый призывает к необходимости в первую очередь определить цели, ко-

⁸³ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 18.

⁸⁴ Там же, д. 17.

⁸⁵ В настоящее время, кроме селекционных мероприятий, рекомендуется применять ретарданты, т. е. вещества, замедляющие рост стебля и сильно снижающие полегание, и в первую очередь ретардант ССС.

⁸⁶ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 8. Вступительное слово к докладу на Всесоюзной конференции по физиологии растений. Стенограмма 1935 г. (23 января); Там же, д. 9. К вопросу о соотношении между вегетационным и полевым методом; Там же, д. 7.

торые исследователь ставит перед собой. При этом он тут же подчеркивает, что, например, выбор размеров делянок является лишь средством, а не целью исследования. Он вновь и вновь обращает внимание на важность определения структуры урожая. Иными словами, Сабинин выступал против принятых в опытном деле шаблонов. В отчете по оросительным работам в Заволжье он рекомендует с целью усиления эффекта действия вносить удобрения под орошаемую пшеницу по частям: $\frac{1}{4}$ — при посеве, $\frac{1}{4}$ — в кущение и $\frac{1}{2}$ — в цветение, при этом, по мнению ученого, вынос азота увеличивается в два раза.

Разрабатывая фундаментальные вопросы физиологии минерального питания, Сабинин сумел на их основе дать целый ряд практических рекомендаций сельскому хозяйству. В этой связи интересно высказывание Шконде относительно работ Сабинина по выяснению влияния удобрений на урожай хлопчатника, выполненных в Средней Азии. Отмечая их значение для развития сельского хозяйства этого района нашей страны, Шконде пишет: «Удивительно, что, хотя предложения Д. А., касающиеся системы питания хлопчатника для повышения доморозных сборов сырца, прочно вошли в практику хлопководства, его имя незаслуженно забыто...»⁸⁷.

Исследования по росту и развитию растений

Помимо основного направления своих работ по изучению функций корневой системы, Д. А. Сабинин интересовался исследованиями по росту и развитию растений. По свидетельству его ученицы Ю. Л. Цельникер, особенно сильно эти вопросы волновали ученого в период с 1943 по 1948 г. Однако отметим, что еще в 1935 г. Сабинин прочел соответствующий курс студентам-физиологам растений в Пермском университете.

Большое влияние на взгляды Сабинина в этом вопросе оказала книга Д. Гексли⁸⁸ по законам относительного роста, а также возникшее в 30-х годах учение о роли гормонов в ростовых процессах.

⁸⁷ Шконде Э. И. Значение работ Д. А. Сабинина для агрономии. — Бот. журнал, 1957, т. 42, вып. 7. с. 1132.

⁸⁸ Huxley J. Problems of Relative Growth. London, 1932.

Как известно, учение Гексли об относительном росте позволило изучить закономерности изменения соотношения органов растения при росте. Уравнение относительного роста по Гексли выражается следующим образом: $y = vxk$, где y — вес, размер, характеризующий целое; x — вес, размер, характеризующий часть; b — константа, представляющая значение при $x=1$; k — константа, показатель относительного роста.

Гексли признавал линейную зависимость между логарифмами веса корня и подземных органов. На основании этого прологарифмируем вышеприведенное уравнение и получим: $\log y = \log b + k \log x$.

Изучая соотношение ядра и клетки в целом в процессе митотического деления, следует констатировать, что k у *Vryophyllum* равна 0,12, у подсолнечника — 0,82. Таким образом, налицо отставание роста ядра от протопласта, т. е. во время роста уменьшается содержание нуклеопротеидов.

В одной из работ (1940 г.) Д. А. Сабинин использовал данные А. Филипповского, исследовавшего рост сахарной свеклы по удобренному и неудобренному фону. Расчет относительного роста, проведенный Сабининым, показал разные значения этой константы: большая величина получилась для удобренной свеклы. Иначе говоря, удобрение вызвало относительно более быстрый рост корня. Сабинин сожалел, что не имел достаточного количества измерений и не смог в полной мере использовать уравнение относительного роста.

Еще в 1937 г. Сабинин опубликовал статью по влиянию минерального питания на формирование. В ней, в частности, отмечалось, что в 1918—1920 гг. появились три работы, определившие дальнейшее направление изучения ростовых процессов растений: Крауса и Крейбилла⁸⁹ о биохимизме как факторе репродуктивной фазы, Гасснера⁹⁰ — о значении температуры проращивания семян для дальнейшего развития растений, Гарнера и Ал-

⁸⁹ *Kraus E. I., Kraybill H. K.* Vegetation and reproduction with special reference to the tomato. — Oregon Agr. Exp. Stat. Bul., 1918, vol. 9, p. 149.

⁹⁰ *Gassner G.* Beitrage zur physiologischen Charakteristik von Sommer und Winterannuellen Gewachse insbesondere der Getreidepflanzen. — Z. Bot., 1918, N 10, S. 417.

ларда⁹¹ (открывших явление фотопериодизма). Отметив большую роль этих работ в возникновении интереса фитофизиологов к изучению роста растений, Сабинин подчеркивал их неглубокий характер. По его мнению, эти работы, широко освещая исследуемый вопрос, не настраивали на глубокие познания физиологии развития растительного организма. Именно так подошли к изучению развития растений Краус и Крейбилл: установленные ими соотношения между углеводами и азотистыми веществами, по мнению Сабинина, носят довольно общий характер. Сабинин считал, что переход к цветению связан с накоплением в растении низкомолекулярных веществ типа этилена. В этой связи он говорил о возможности регулирования внутренней среды растения путем изменения минерального, в частности азотного, питания.

Как уже отмечалось, Сабинин в течение многих лет читал студентам курс физиологии растений. Ученый тщательно продумывал план и изложение каждой лекции, критически разбирая даже те разделы физиологии растений, в которых сам экспериментально не работал. Он обладал удивительной способностью делать блестящие заключения на основании экспериментальных работ других авторов. Прекрасным примером этого творческого мастерства Сабинина служит его книга «Физиология развития растений». К сожалению, она была издана, как уже отмечалось, после кончины ученого. Однако основные ее идеи были заложены уже в середине 30-х годов и вся монография оказалась окончательно составленной к 1948 г. «Книга Д. А. Сабинина, — отмечалось в редакционном предисловии к ней, — представляет собою не сводку, систематически и последовательно излагающую все разделы учения о росте и развитии растений, а оригинальное критическое исследование некоторых принципиальных проблем этой главы физиологии растений. В соответствии с этим в основных главах рукописи рассматриваются закономерности роста, основные понятия развития, некоторые черты физиологии развития организмов и физиология развития семенных растений»⁹².

⁹¹ Garner W. W., Allard H. A. Effect of relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction of plants. — J. Agr. Res., 1920, N 18, p. 553.

⁹² Сабинин Д. А. Физиология развития растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 4.

В книге приводится оригинальное определение роста. По словам Сабинина, «рост есть новообразование элементов структуры организма», где под структурой подразумеваются субклеточные и клеточные структуры в цитоплазме и оболочке клеток. Ученый останавливается и на характеристике процесса развития, определяя его как «изменение в новообразовании элементов структуры организма». Это определение обращало внимание на физиологическую сторону развития растений в отличие от тех, где подчеркивалась лишь биологическая сторона. С нашей точки зрения, правомерны оба подхода к пониманию ростовых процессов. Можно изменить формулировку Сабинина, придав ей еще и биологический смысл: «развитие есть качественное изменение новообразования элементов структуры организма, связанное с прохождением жизненного цикла и с переходом от роста вегетативного к формообразовательным процессам воспроизведения». Новое определение содержит основополагающую идею Сабинина и в то же время охватывает не только покрытосеменные растения, но и весь растительный мир, а также переход к воспроизведению при бесполом, половом и вегетативном размножении.

Обобщения, сделанные Сабининым в книге, не являются догмой — их можно дополнять и развивать. Некоторые из них, например положения о тесной взаимосвязи роста и развития растения, сейчас стали азбучной истиной. Однако в то время, когда он работал над книгой, против них выступил ряд исследователей, и в частности те, кто проводил резкую грань между ростом и развитием.

В книге имеется интересное положение о том, что ритм роста растений определяется не столько внешними условиями, сколько внутренними факторами. Доказательством этого, по мнению Сабинина, служит периодическое сбрасывание листьев растениями в равномерном климате тропиков. В этой связи в голову невольно приходит мысль о том, что смена времен года сыграла определенную роль в ритме роста и развития у растений умеренного климата в процессе естественного отбора. Однако Сабинин на основании вышеназванного положения и исходя из закономерностей роста приходит к выводу о роли нуклеопротейдов в его ритме. Рост растения прекращается тогда, когда истощаются резервы нуклеопротейдов или их производных.

Эту концепцию Сабинина проводила Ю. Л. Цельникер и в основном подтвердила ее. И все же мы считаем, что синтез РНК и ДНК происходит не во время глубокого покоя, а при прохождении растением покоя органического⁹³. Но, безусловно, нельзя отрицать правоту положения Сабинина о том, что внутренний ритм роста имеет место в мире растительных организмов, в то время когда значение нуклеиновых кислот еще не было ясно осознано учеными. Здесь Сабинин определил на несколько десятилетий свое время: «Д. А. Сабинин, — подчеркивалось в редакционном предисловии к „Физиологии развития растений“, — принадлежал к числу тех талантливых ученых, чья творческая мысль опережает уровень современных им знаний. Поэтому, несмотря на значительный срок, прошедший со времени написания им рукописи (1947 г.), его книга представляет большой интерес не только для фитофизиологов, но и для всех работающих в области агрономии и общей биологии»⁹⁴.

Сабинин предложил и единицу измерения развития растений — так называемый пластохрон, т. е. промежуток времени, необходимый для образования одного листа, узла и междоузлия на метамерном побеге растения. Нам кажется, что пластохрон характеризует скорее рост, чем развитие. Однако, поскольку эти понятия тесно взаимосвязаны и границу между ними провести нелегко, пластохрон как биологическая единица измерения развития организма в широком понимании (процесс онтогенеза) заслуживает самого серьезного и пристального внимания. К сожалению, это предложение Сабинина не получило достаточного отражения в последующей литературе.

Взгляды Сабинина по вопросу связи между ростом и развитием получили экспериментальное подтверждение в работе Ю. Л. Цельникер и О. А. Семихатовой. Она была выполнена в 1943—1948 гг. под руководством Сабинина, но результаты опубликованы лишь в 1971 г. Авторы изучали рост и развитие побегов двух видов тунга (*Aleurites fordii* и *Aleurites cordata*) у лимона, апельсина и яблони. Исходя из представлений о развитии как изменении эле-

⁹³ Понятие о трех фазах покоя: органическом, глубоком и вынужденном — дается в книге: Генкель П. А., Окнина Е. З. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. М.: Наука, 1964.

⁹⁴ Сабинин Д. А. Физиология развития растений, с. 5.

ментов структуры, они показали, что конкретные формы связи между вегетативными и генеративными его этапами различны у ряда древесных растений. Так, у тунга, не имеющего специализации побегов, связь очевидна в силу самой структуры побега, несущего терминальное соцветие, замедление вегетативного роста приводит к задержке цветения. У цитрусовых, имеющих вегетативные и генеративные побеги, связь между последними осуществляется в их системе. У яблони — дерева «со значительной специализацией побегов» — наблюдается зависимость плодоношения укороченных побегов (плодушек) от интенсивности роста побегов вегетативных. В то же время плод препятствует цветению соседних побегов. Последнее указывает на координационные связи, уменьшающие самостоятельность побега. В результате связь между вегетативным ростом и генеративным развитием осложняется: она охватывает ветвь или даже крону дерева в целом.

Свое заключение о роли нуклеопротейдов в росте и развитии растения Сабинин сделал на основании работ итальянского ученого Тромбетта⁹⁵ об уменьшении размера ядра по мере роста клетки, исследований Белозерского⁹⁶, показавшего снижение содержания нуклеопротейдов с возрастом у кедра и у бактерий, а также данных Роскина⁹⁷ об обогащении раковых опухолей у животных нуклеопротейдами. Впоследствии это положение было подвергнуто экспериментальному исследованию в работе Д. А. Сабинина и Л. Я. Полозовой, напечатанной в 1957 г.

В «Физиологии развития растений» Сабинин подверг глубокой критике циклическую теорию процесса старения и омоложения, разработанную Н. П. Кренке⁹⁸. Отдавая дань сообщениям, сделанным Кренке, он указал на слабые места этой теории, выделив целый ряд неправильных за-

⁹⁵ *Trombetta V.* The cytonuclear ratio in developing plant cells. — Amer. J. Bot., 1939, vol. 26, N 7, p. 511—529.

⁹⁶ *Белозерский А. Н.* О ядерном веществе у бактерий. — Микробиология, 1939, т. 8, вып. 5, с. 504—513; *Белозерский А. Н., Успенский М. С.* О нуклеиновом комплексе зародышей и белках эндосперма семян кедрового ореха (*Pinus sibirica* Rupr.). — Биохимия, 1942, т. 7, вып. 4, с. 155—162.

⁹⁷ *Роскин Т., Харлова Т.* Зимонуклеиновая кислота в клетках нормального регенеранта и злокачественных опухолей. — Докл. АН СССР, 1944, т. 44, № 9, с. 418—420.

⁹⁸ *Кренке Н. П.* Теория циклического старения и омоложения растений и практическое ее применение. М.: Сельхозгиз, 1940.

ключений Кренке. По мнению Сабинина, Кренке установил параболический характер кривых листьев на побеге (кривая выражает ход изменения свойств ряда листьев на побеге). Этот факт, выражающий изменение свойств ряда последовательно появляющихся листьев на побеге, Кренке положил в основу диагноза скороспелости сортов. В этом Сабинин видит большую заслугу Кренке. В то же время он считает неприемлемой попытку Кренке объяснить свое открытие старением организма растения. Сабинин справедливо отмечает, что процесс старения сам нуждается в объяснении, которого Кренке не дает.

Сабинин показал несостоятельность представлений Кренке о восходящей и нисходящей ветви параболической кривой. Он отметил, что в ряде случаев имеются многовершинные кривые, которые не объяснимы по теории Кренке о старении и омоложении. По мысли Сабинина, теории Кренке противоречит наличие инверсии и анизотропии листьев на плагитропных побегах. По Кренке, явление инверсии заключается в том, что побег, образовав ряд листьев, закономерно изменяющихся по параболической кривой, дает на своем прямом продолжении новый ряд, сходный с первым. Сабинин отмечает, что инверсии часто наблюдаются у чайного куста, причем происходят они на разных побегах одного и того же куста неодновременно. Последнее исключает трактовку этого явления как результата изменения внешних условий; также нельзя объяснить инверсии старением и омоложением.

«Приходится признать, — констатировал Сабинин, — что параболические кривые приложимы лишь к ортотропным побегам, имеющим один цикл роста. Допустимо также распространение закономерности, выражаемой этой кривой, на побеги с несколькими циклами роста, если перерывы роста вызваны внешними условиями. Но по всему обширному кругу процессов развития побегов за пределами указанных ограничений концепция старения как основа развития оказывается неприложимой»⁹⁹.

Сабинин коснулся еще одного непонятого, с точки зрения Кренке, явления — изменений, вызываемых положением листьев в пространстве. Разнокачественность листьев на разных сторонах побега, по мнению Сабинина, образуется за счет действия силы тяжести (это было по-

⁹⁹ Сабинин Д. А. Физиология развития растений, с. 127.

казано в лаборатории Сабинина в опытах с тунгом Aleu-rites).

Большой интерес представляет изложение Сабининым важных для физиологии развития растения работ по яровизации и фотопериодизму. Их описанию в книге предшествует раздел о метаморфозе побега. Сабинин начинает его с учения Гете о метаморфозе побега в цветок и далее ссылается на работы англичанки Арбер¹⁰⁰, отстаивавшей мнение, что цветок есть результат видоизменения деятельности точек роста побега. Подтверждение этим взглядом Сабинин находит в работе Сатиной и Блэксли¹⁰¹, которые показали, что гистогенез зачатков частей околоцветника протекает совершенно аналогично гистогенезу листовых зачатков. Затем Сабинин анализирует работы Клебса о возможности экспериментального воздействия на растения с целью выдерживания их в вегетативном состоянии в течение ряда лет. Именно здесь он и предлагает использовать как единицу развития пластохрон (время, необходимое для образования узла, листа и междоузлия).

Анализируя далее работы по яровизации, Сабинин уделяет большое внимание вопросам внутренних изменений в растении при этом процессе. Ученый считает, что факторы, вызывающие яровизацию, заменимы, а сам процесс, до тех пор пока структурно не оформлен, обратим. Сущность процесса яровизации Сабинин видит в образовании физиологически активных веществ, участвующих в детерминационных процессах, приводящих растение к цветению.

Нельзя не отметить заключение Сабинина в отношении описанных в литературе факторов цветения растений под влиянием ростовых веществ (Ван-Овербек). Он считает, что в этом случае ростовое вещество действовало не прямо, а косвенно, вызывая ряд цепных реакций превращения веществ, одна из которых в итоге и образовала гормон цветения. Как видим, Сабинин очень вдумчиво подходил к решению вопроса. Он допускал, что ростовое вещество может не прямо влиять на точку роста и что

¹⁰⁰ *Arber A.* The interpretation of the flower: a study of some aspects of morphology. — *Biol. Rev.*, 1931, vol. 49, N 3, p. 157.

¹⁰¹ *Satina S., Blaklee R.* Periclinal chimeras in *Datura stramonium* in relation to development of leaf and flower. — *Amer. J. Bot.*, 1941, vol. 28, N 10, p. 823.

путь, приводящий растение к цветению, весьма сложен. Может быть, в этом лишний раз проявилось твердое убеждение Сабинина в глубокой связи процессов роста и развития.

Книга Сабинина по физиологии развития растений не потеряла своего научного интереса и до настоящего времени. Являясь работой с ярко выраженным критическим направлением изложения и анализа основных концепций физиологии развития, она подводит итоги многим теориям в этой области, подчеркивает неразрывную связь роста и развития, вскрывает ведущую роль нуклеопротеидов в детерминации ростовых процессов.

В незаконченной рукописи «Факты и воображения в работах акад. Лысенко» Сабинин дает объективную оценку первой работы этого ученого о термическом факторе развития растений. При этом он отмечает, что ей предшествовали исследования многих ученых, в частности Мак-Кинни, Муринова (его работа выполнена в 1912 г. в лаборатории Д. Н. Прянишникова), Гасснера, Максимова и Поярковой, затронувших проблемы, связанные с холодным проращиванием озимых злаков. Заслуга Лысенко в том, что он поднял вопрос о расчлененности развития растений и попытался объяснить явление фотопериодизма. В то же время Сабинин отмечает нечеткий характер формулировок Лысенко и считает недоказанным установленный последним факт прибавок урожая от применения предпосевной яровизации зерна¹⁰². К сожалению, на этом рукопись Сабинина обрывается.

К работам Сабинина в области роста и развития растений примыкает серия аналогичных исследований, проведенных под его руководством. Речь идет о работах по регулированию пола у растений, начатых сотрудниками Сабинина в 1933 г. В основу этих наблюдений, по идее Сабинина, была положена эмпирическая концепция французского ученого Жуайе-Лаверня¹⁰³, выраженная им в следующих законах (их скорее надо считать правилами):

«Высота внутриклеточного окислительно-восстановительного потенциала (rH) есть признак полового свойства

¹⁰² Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 24.

¹⁰³ *Joyet-Lavergne Ph. La physico-chemie de la sexualité. Protoplasma-Monographien. Paris, 1931. Vol. 5.*

цитоплазмы. Клетки, поляризованные в женском направлении, имеют меньшую величину гН, чем клетки, поляризованные в мужском направлении. Разница природы и содержания липоидов и жиров составляет одно из проявлений сексуализации цитоплазмы. Так как образование жиров легче протекает в среде более восстановленной, то накопление их происходит в женских клетках...».

Анализируя причины, обуславливающие сексуализацию растений, Сабинин пошел в этом вопросе значительно дальше многих исследователей. Он считал накопление сахаров и сдвиг окислительно-восстановительных процессов в сторону восстановления косвенной, а не непосредственной причиной; по его мнению, эти условия лишь ведут к образованию физиологически активных веществ, которые вызывают сдвиг формообразовательных процессов у растений. Таким образом, ученый говорил о весьма важных для теории и практики фактах, рисующих дальнейшие перспективы овладения процессом формообразования.

В выполненных под руководством Сабинина работах И. А. Куколкина и М. И. Поповой (1936 г.) дробное внесение азотистых удобрений приводило к значительному накоплению сахаров, а последние, снижая окислительно-восстановительный потенциал, создавали возможность регуляции пола у растений.

Взяв на вооружение эмпирическую концепцию Жуайе-Лаверня, Сабинин обратил внимание своих учеников на однодомные культурные растения: кукурузу, огурцы, дыни. В результате Е. Г. Мининой и В. А. Гусевой, работавшим с кукурузой¹⁰⁴, Ф. З. Бородулиной — с огурцами и Н. А. Сатаровой — с дынями, удалось регулированием минерального питания изменять окислительно-восстановительный режим используемых образцов и вызвать у одноименных растений сдвиг в соотношении женских и мужских цветков в сторону образования женских. Минина, Игрицкая и Мацкевич¹⁰⁵ установили, что тем-

¹⁰⁴ *Минина Е. Г., Гусева В. А.* Влияние минерального питания на половые признаки кукурузы. — Химизация соц. земледелия, 1947, т. 3, № 47.

¹⁰⁵ *Минина Е. Г., Игрицкая Е. Б., Мацкевич П. П.* Влияние влажности почвы и воздуха и температуры воздуха на образование колосков в колосе пшеницы. — Докл. АН СССР, 1940, т. 26, № 3, с. 277; *Они же.* Развитие генеративных органов яровой

пература воздуха, а также влажность его и почвы оказывают большое влияние на формирование колоса пшеницы.

В этой связи интересные результаты дали эксперименты на огурцах. Так, Минина и Мацкевич¹⁰⁶ наблюдали увеличение числа женских цветков при повышении влажности воздуха и почвы. В опытах Мининой и Кушниренко¹⁰⁷ листья огурцов подвергались действию 2% окиси углерода, увеличивающей число женских цветков на растении. Результаты этой работы научно обосновывали опыт клинских огородников, применявших дымовое окуливание для повышения числа женских цветков у огурцов.

В 1952 г. Е. Г. Минина опубликовала монографию об определении и изменении пола растений, в которой обобщила и развила это направление исследований своего учителя. Характеризуя его роль в зарождении и развитии этих исследований, Минина писала: «Если эта книга, являющаяся скромным отражением идей Д. А. Сабинаина в области физиологии растений, окажется полезной для практики и для дальнейшей разработки проблемы пола у растений, мы будем считать поставленную перед собой задачу достигнутой»¹⁰⁸.

Исследования Д. А. Сабинаина, его учеников и последователей подробно анализируются и в монографии Л. И. Джапаридзе¹⁰⁹. Он так же высоко оценил их практическое значение.

В заключение нельзя не упомянуть об экспериментах Н. С. Турковой¹¹⁰, начатых под руководством Д. А. Сабинаина. Они в основном были посвящены изучению влияния растворов восстановителей и окислителей на возра-

пшеницы в зависимости от влажности и температуры воздуха. — Докл. АН СССР, 1941, т. 30, № 1, с. 69.

¹⁰⁶ Минина Е. Г., Мацкевич П. П. Изменение сексуальности растений в разных условиях влажности среды. — Докл. АН СССР, 1944, т. 12, № 7, с. 323.

¹⁰⁷ Минина Е. Г., Кушниренко С. В. Роль листьев в сексуализации растений. — Докл. АН СССР, 1942, т. 64, № 2.

¹⁰⁸ Минина Е. Г. Смещение пола у растений воздействием факторов внешней среды. М.: Изд-во АН СССР, 1952, с. 4.

¹⁰⁹ Джапаридзе Л. И. Пол у растений. Тбилиси, 1963. Ч. 1; 1965. Ч. 2.

¹¹⁰ Туркова Н. С. Действие растворов восстановителей и окислителей на возрастное состояние растительных тканей: Тезисы совещания по физиологии растений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940.

стное состояние тканей растений. Оказалось, что водные растворы восстановителя этилена вызывают местное разрастание тканей, эпинастию листьев и образование придаточных корней. Опрыскивание этиленом повышало энергию кущения злаков и положительно влияло на развитие колоса, ускоряло созревание томатов. Туркова также установила, что этилен ускоряет старение растений. Противоположное этилену действие оказывала перекись водорода: она вызывала омоложение тканей, повышала их редуцирующую способность (в то время как этилен ее снижал). Таким образом, под влиянием выше-названных растворов в биохимизме растения отмечались большие сдвиги. Следовательно, эти растворы могут стать одним из средств регулирования процессов роста и формирования растительного организма, методом борьбы с полеганием растений.

Работы по физиологии клетки в связи с процессом роста

Выше уже неоднократно отмечался значительный интерес Сабина к физиологии клетки. Помимо редактирования перевода на русский язык практикума Э. Штругера, посвященного вопросам клеточной физиологии, он уделил этой проблеме много места в двух своих монографиях. В последние годы жизни Сабинин, а также ряд его учеников проводили работы, связанные с изучением деятельности клетки, в частности с ее ростом.

Одну из таких работ выполнил В. Н. Жолкевич под руководством Д. А. Сабина и О. М. Трубецковой. Исследователь поставил и частично решил очень важную задачу о роли свойств протоплазмы во время усиленного роста растения в фазе растяжения. Эксперименты проводились на проростках подсолнечника, выращенных в светлом термостате. Отрезки верхней части гипокотилей погружались в растворы стимуляторов различной концентрации: гетероауксин, 2—4-дихлорфенолуксусная и α -нафтилуксусная кислоты.

В результате проведенных опытов исследователь пришел к интересным выводам. Выяснилось, что обработка стимуляторами в течение 1—24 часов заметно ускоряла рост растения в фазе растяжения. Одновременно с этим

падала вязкость протоплазмы, понижалось осмотическое давление и увеличивалось количество тургорогенов. В отсутствие стимуляторов роста растения снижения вязкости протоплазмы не наблюдалось. Полученные данные натолкнули Жолкевича на мысль, что рост растения в фазе растяжения невозможен без активного участия протоплазмы. Это положение подвергло сомнению правоту теории Вента—Гейна, отводящего главную роль в этом процессе влиянию стимуляторов на оболочку клеток.

Свои общебиологические взгляды на проблему связи между клеткой и всем организмом растения Сабинин высказал в докладе, прочитанном в 1946 г. в МГУ на возглавляемой им кафедре физиологии растений. Свое выступление Сабинин условно назвал «Структура жизни». О глубокой научной сущности доклада можно судить по приведенным ниже тезисам:

«Структура жизни. Отправные факты и положения.

1. В живых образованиях имеется налицо структура, образованная макромолекулами гидрофильных коллоидов. Эта структура является паракристаллической.

2. Паракристаллические структуры жизни поддерживаются наличием реактивных групп (боковых цепей) макромолекул, с одной стороны, и наличием стабилизаторов структур — передатчиков сил притяжения между реактивными группами и боковыми цепями макромолекул — с другой.

3. Структуры жизни можно уподобить известным в коллоидной химии трехмерным макромолекулам, но в отличие от валентных сравнительно устойчивых связей, спаивающих молекулы с макромолекулами, в живых структурах имеется лишь взаимодействие стабилизаторов и макромолекул на основе сил Ван-дер-Ваальса — Лондона.

4. Синтез макромолекул, сложные и многократные полимеризационные процессы — невероятные события, если не допустить предварительно ориентировки молекул-звеньев соответственно уже имеющимся частям и группам макромолекул. Макромолекулы некоторых веществ — нуклеины — только и обладают нужными свойствами, чтобы явиться очагами этих синтезов. Синтез (новообразование размножающихся молекул) отстает от синтеза резервных белков, обволакивающих молекулы. Отсюда — остановка роста.

5. Силы Ван-дер-Ваальса—Лондона, как известно, пропорциональны r^{-6} степени расстояния между частицами. Поэтому существуют критические расстояния между сферами действия нуклеиновых веществ как очагов синтеза. Если гидратация макромолекул — очагов синтеза и накопления веществ, не деятельных как очаги синтеза, удалить от молекул нуклеиновой кислоты, материалы для новых синтезов, то они приостановятся. Существует критический уровень пространственной концентрации нуклеиновых кислот в живой среде, достижение которого останавливает рост.

6. Общность основных черт процесса роста у всех организмов, выражающаяся в: а) идентичности биохимических изменений (Needham); б) изменении соотношения ядра к протоплазме в процессе онтогенеза; в) кратных отношениях размеров клеток и ядер; г) общности кривых роста, определяется указанной выше зависимостью новообразования макромолекул биокolloидов от изменения сферы действия молекул нуклеиновых кислот при росте».

Эти тезисы послужили своего рода программой для целого ряда исследований, проведенных в основном учениками Сабинина. В частности, А. К. Белоусова в своей диссертации (1946 г.) определила основу структуры протоплазмы. По ее наблюдениям, сюда входят макромолекулы нуклеопротеидов и белков, сшитые лабильными мостиками низкомолекулярных веществ — продуктов обмена (органических кислот и их производных). Интересные данные получила М. Г. Зайцева. Оказалось, что в фазе растяжения происходят новообразования основных элементов структуры протоплазмы макромолекул белков. В своих исследованиях Зайцева применила оригинальный метод расчета на одну клетку, в дальнейшем с успехом использованный Н. В. Обручевой¹¹¹.

Тезисы доклада Сабинина объясняли наличие логарифмической ветви кривой роста и его остановку при благоприятных условиях. В этой связи Сабинин изучил ритмичность роста у древесных и кустарниковых растений (чайный куст и тунг) в наших субтропических районах. Несколько циклов роста этих растений в течение вегетационного периода хорошо согласовались с представле-

¹¹¹ Обручева Н. В. Физиология растущих клеток корня. М.: Наука, 1965.

ниями Сабинина о внутреннем ритме изменения нуклеопротеидов и их производных в меристематических тканях побегов. Эти вопросы он затронул и в докладе о ритмах роста, прочитанном в Московском Доме ученых в 1945 г. и опубликованном лишь в 1971 г.

Значение нуклеопротеидов для роста растений было показано и в уже упомянутой выше работе Сабинина и Полозовой с колеоптилями овса. Исследователям удалось проследить положительное влияние пуриновых и пиримидиновых оснований на рост колеоптилей, изучить действие аденина, урацила и тиаминна на фазу растяжения. Эта работа принадлежит к числу первых исследований воздействий компонентов нуклеиновых кислот на ростовые процессы у растений.

Как известно, в «Тимирязевском чтении» (1949 г.) Сабинин высказал «представление о корневой системе как органе, где происходит образование фитогормонов роста, определяющих поддержание меристем растения в деятельном состоянии. Этими специфическими соединениями... являются производные нуклеиновых кислот, возникающие в корневых системах при происходящих там превращениях соединений азота, а вероятно, и фосфорной кислоты». Действительно, впоследствии были открыты цитокинины и отмечено, что в механизме коррелятивных связей между меристемами и листьями и различными (верхушечными и пазушными) почками важную роль играет замедляющее действие ИУК и стимулирующее — цитокининов. В пасоке, кроме цитокининов, были найдены гиббереллины и абсцизовая кислота.

Современное состояние вопроса о цитокининах освещается в монографии О. Н. Кулаевой «Цитокинины, их структура и функции», опубликованной в 1973 г. В свою очередь, В. П. Мальчевский указал на наличие эндогенных ритмов в отношении роста растений¹¹². В константных условиях световой камеры он в течение года получил у сосны три годовых кольца.

Выше уже упоминалась книга П. А. Генкеля и Е. З. Окниной «Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений». В ней, в частности, отмечалась роль

¹¹² *Мальчевский В. П.* Применение искусственного света для ускорения роста и развития сеянцев древесных. — Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 1946, т. 3, вып. 2.

физиологически активных веществ на развитии растений. Авторы путем гистохимического изучения содержания РНК и ДНК в плодовых растениях, находящихся в состоянии зимнего покоя, обнаружили в них наличие ануклеальных ядер и почти полное отсутствие РНК. В это время в НК происходят глубокие изменения, подготавливающие растение к весеннему росту, и оно не выходит из состояния, названного авторами органическим покоем. Аналогичная картина наблюдалась и в процессе стратификации семян. В течение зимы у морозоустойчивых форм содержание НК не претерпевало значительных изменений, но зато сильно возрастало весной, когда, согласно мнению Сабинина, накопление НК было необходимо для начала роста растения. По данным Л. А. Незгоровой и Н. Борисовой, пусковой механизм при прорастании семян связан с образованием НК.

Работы Сабинина, касающиеся роли нуклеопротеидов в росте и развитии растений, внесли много нового в понимание этого важного вопроса физиологии растительного организма. «На основании анализа ряда известных фактов, — констатирует Ю. Л. Цельникер, — Д. А. Сабинин пришел к заключению, что местом синтеза ростовых гормонов нуклеиновой природы является корень... Можно без преувеличения сказать, что Д. А. Сабинин предсказал открытие цитокининов и указал место их синтеза».

О внутривидовой борьбе

В 1947 г. в МГУ состоялась дискуссия о внутривидовой борьбе в мире животных и растений. 4 ноября с докладами на эту тему выступили академик И. И. Шмальгаузен и профессора А. Н. Формозов и Д. А. Сабинин. Выступления этих видных ученых университета явились их решительным отрицанием утверждения об отсутствии внутривидовой борьбы.

В 1948 г. доклад Сабинина был издан в виде статьи. В ней он предстает перед читателем не только как блестящий ученый-биолог, но и как строгий эволюционист-дарвинист, большой знаток экспериментального дела — неотъемлемой научной основы сельскохозяйственного производства. В начале статьи Сабинин ставит вопрос о том, какие опыты можно использовать для доказательства

внутривидовой борьбы за существование среди растений. По его мнению, об этой борьбе можно судить только в случае, если исключены другие влияния, изменяющие условия жизни: например, нехватка воды или питательных веществ, изменение световых условий. Таким образом, в подобных экспериментах должна соблюдаться «одинаковость условий за исключением численности индивидов (опыт по влиянию густоты стояния растений в посевах)».

Прежде чем рассматривать конкретные данные Д. А. Сабинин обращается к математическим результатам опытов по густоте стояния растений в искусственных насаждениях. Он считает, что теоретически можно ожидать «три вида результатов, в основе каждого из которых лежат следующие предположения.

Первое предположение допускает отсутствие взаимодействия индивидов в насаждении. Если нет растений, естественно, он равен нулю.

Второе — математическое предположение, основанное на взаимной помощи растений. Из него следует экспоненциальная кривая, выражающая зависимость урожая с единицы площади от числа индивидов на эту единицу».

Третье предположение строится на взаимном угнетении индивидов. Оно ведет к заключению «об уменьшающемся приросте сухого вещества растений с единицы площади по мере увеличения на ней числа индивидов». Соответственная кривая носит характер параболической кривой, так как очевидно, что при неограниченно большом числе индивидов на единицу площади не взойдет ни одного зерна, и урожай окажется равным нулю.

По мнению Сабинина, фактически имеет место третье условие. В качестве подтверждающего примера он ссылается на безупречные опыты Н. Деревецкого и Ю. Старосельского по выяснению влияния густоты стояния хлопчатника на урожай, проведенные на опытной станции в Гандже (Кировабад). По данным этих опытов, кривая примет параболический вид и наибольший урожай получится при густоте стояния хлопчатника в 78 тыс. растений на 1 га. В случае большей или меньшей густоты урожай понижается. Практики считают наиболее выгодной такую густоту стояния, когда на 1 га. находятся около 80 тыс. растений хлопчатника.

К аналогичным выводам пришел Циганенко в экспериментах с сахарной свеклой, поставленных на Ивановской опытной станции. Оптимальная густота стояния, по его данным, равнялась 100 тыс. растений на 1 га. Опыты с пшеницей на Полтавской опытной станции показали, что при увеличении в 2 раза густоты стояния в рядке погибало 46% урожая. Если же при созревании на 1 м² оказывалось до 130 растений, то 38% из них погибали, при 75 растениях — соответственно 28%. По данным Сабинина, в этом случае погибало от 30 до 40% яровой пшеницы.

Анализируя данные по гнездовым посевам кок-сагыза, Сабинин отмечает их недобросовестность. Он считает, что при такой, мягко говоря, произвольной обработке результатов можно «доказать» абсурдное утверждение, подобное тому, что внесенные под рис удобрения снижают, а не повышают урожай. В то же время объективные данные свидетельствуют о том, что гнездовой посев может дать положительный эффект, на котором не сказывается и отсутствие внутривидовой борьбы. Так, гнездовой посев растений, имеющих мелкие семена и дающих слабые всходы, эффективен благодаря изменению соотношения между сорняками и гнездовыми посадками. При этом Сабинин ссылается на данные С. Закарьяна о внутривидовой борьбе между солянками и результаты опытов Г. Эйтингена по лесным породам¹¹³.

«Иными словами, можно сказать, — заканчивал статью Сабинин, — что внутривидовая борьба между растениями — основа высоко продуктивного использования земельной площади в растениеводстве»¹¹⁴.

Работы военных лет

Великая Отечественная война явилась хорошей проверкой не только мужества и патриотизма советских людей, но и их умения быстро и четко перестроить свою работу на нужды фронта и тыла. Советские ученые, в том

¹¹³ О внутривидовой борьбе см.: Галл Я. М. Борьба за существование как фактор эволюции. М.: Наука, 1976.

¹¹⁴ Сабинин Д. А. О внутривидовой борьбе в искусственных и естественных насаждениях растений. — В кн.: Внутривидовая борьба у животных и растений. М.: Изд-во МГУ, 1948, с. 117.

числе и Сабинин, с честью выдержали это испытание. Уже в самом начале войны большинство исследований в различных областях науки и техники было направлено на выполнение оборонных заказов. В частности, Сабинин в сотрудничестве со своими учениками Ф. З. Бородулиной и Г. Д. Шоклендер поставили эксперименты по выявлению способа сушки картофеля. Их результаты Сабинин изложил в докладной записке «О необходимости организации производства порошкообразного сушеного картофеля для нужд РККА и гражданского населения». В ней он писал:

«Вопрос о введении в пищевой рацион войск сушеного картофеля и сушеных овощей встал еще в первую империалистическую войну 1914—1918 гг. Тогда и в царской России, и во Франции, и в других воюющих странах были сделаны известные усилия для внедрения сушеного картофеля и овощей в довольствие армий. До мировой войны 1914—1918 гг. главное интендантство армии царской России заготавливало в год лишь около 200 000 пудов сушеных овощей (Беритов. Наставление по заготовке сушеных овощей для продовольствия армий. Петроград, 1915 г.). Однако сушеные картофель и овощи не нашли широкого применения в деле снабжения армий и играли лишь роль приправы к основному питанию. Это обуславливалось весьма несовершенным способом сушки картофеля, практиковавшимся в то время. Картофель, нарезанный на небольшие кусочки и затем высушенный, разваривался довольно медленно и мог использоваться лишь как приправа при изготовлении супов.

В период после мировой войны 1914—1918 гг., когда стали быстро развиваться представления о витаминах и их роли в питании, значительно возрос интерес к растительным продуктам питания. Прежде чем описывать наш метод сушки картофеля, остановимся на различных старых и современных способах его сушки.

О технике сушки картофеля, применявшейся в царской России в период первой мировой империалистической войны, можно составить себе представление по указанному выше «Наставлению по заготовке сушеных овощей для продовольствия армий» (Беритов, 1915 г.). Согласно этому наставлению, картофель перед сушкой обмывался, с него снималась кожура, а затем клубни измельчались на корнерезке. Очищенный картофель реко-

мендовалось (с. 38) выдерживать в холодной воде, а измельченный промывать в проточной воде до полного удаления мучнистых крупинок (с. 38). После этого картофель помещался на некоторое время в кипящую воду и, наконец, высушивался в токе воздуха при 50—70° Р.

Основываясь на современных знаниях об условиях вымывания из тканей и разрушения витамина С, можно сформулировать требования, которым должен удовлетворять процесс сушки, чтобы в готовом продукте сохранялось возможно большее количество витамина С, имевшегося в сырье.

1. Сырье, подвергающееся обработке, не должно приходить в соприкосновение с водой без защищающей его кожицы. Поэтому обмывание картофеля должно вестись без снятия с него кожицы. Так как витамин С легко растворим в воде, то из клубней картофеля со снятой кожицей легко вымывается. Конечно, разрезание клубня на кусочки с последующим их обмыванием является абсолютно недопустимым.

2. В целях предупреждения ферментативного окисления витамина С в тканях клубня необходимо в начальной стадии процесса подготовки сырья к сушке возможно быстро инактивировать ферменты нагреванием. В связи с опасностью вымывания витамина С клубни нельзя убивать, помещая их хотя бы и на короткое время в кипящую воду, надо действовать на них паром.

3. Снятие кожицы и измельчение клубня может проводиться только после его убивания.

4. Режим сушки должен обеспечивать возможно более быструю сушку, заканчивающуюся на протяжении нескольких часов.

Можно, конечно, дать различные варианты технологии сушки, при которых будут соблюдаться эти требования. По способу Пьетра, проверенному нами в лабораторных условиях на кафедре физиологии растений Моск. университета, картофелины с неснятой кожицей после обмывания помещаются на 30 мин. в перегретый пар температуры 108° С. Затем, после снятия кожицы с еще горячих клубней и измельчения их массы, она наносится на сита. Сушка ведется в токе воздуха при температуре 30—40° С. Ток воздуха должен быть достаточно сильным, чтобы обеспечить окончание сушки в 5—6 час. Сушка считается законченной, когда в продукте останется 12—14% воды.

Высушенный картофель размалывается и превращается в желтовато-белый порошок, очень быстро (3 мин.) разваривающийся в кипящей воде в пюре.

По данным французского ученого Жавелье (Javillier. *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*, t. 25, 1939, p. 1093), картофель, высушенный по способу Пьетра, содержит 20 мг витамина С на 100 г веса сухеного картофеля. Совершенно справедливо французские ученые указывали на громадное практическое значение возможности получения такого продукта из картофеля. Потребление 200 г высушенного по способу Пьетра картофеля дает 40 мг витамина С, что может удовлетворить точную потребность в этом веществе.

При проверке нами способа Пьетра и использовании в качестве сырья картофеля сорта «лорх» с участка Московского ботанического сада АН СССР мы получили порошкообразное вещество, очень легко разваривавшееся и содержавшее 16 мг витамина С на 100 г сухеного картофеля (по определению лаборатории акад. Шмука).

Французские ученые, давшие описанный выше способ, проверенный во Франции в заводской обстановке, считают возможным рекомендовать его для широкого использования в целях заготовки сухеного картофеля для нужд армии. После проведенной нами проверки способа Пьетра и на основании учета имеющихся литературных данных по изготовлению сухеного картофеля мы считаем нужным рекомендовать этот способ для переработки картофеля урожая 1941 г. Специальное совещание специалистов нашей промышленности по сушке овощей и плодов может решить, какие организационные мероприятия должны быть проведены в жизнь для широкого практического использования способа Пьетра.

С своей стороны, мы считаем нужным указать на необходимость проведения научных работ, посвященных дальнейшему улучшению этого способа, с целью добиться еще большего содержания витамина С в готовом продукте.

Французские ученые, давшие хороший способ приготовления сухеного картофеля, странным образом не попытались учесть, какой % витамина С от имевшегося в сырье оказывается сохраненным в готовом продукте. Исходя из допущения о том, что в исходном материале они имели некоторое среднее содержание, Жавелье рас-

считывает на потерю витамина С при всем процессе сушки 60%. Проверая способ Пьетра, мы учли непосредственно содержание витамина С в клубнях картофеля сорта «лорх», свежесобранных с поля, и получили 22 мгр. %. Так как клубни содержали 80,5% воды и высушенный картофель — 14% воды, то, следовательно, в сушеном картофеле сохранилось 17% количества витамина С, имевшегося в сырье. Более значительные потери витамина С, чем это имело место по расчетам французских ученых, мы склонны отнести за счет не совсем удовлетворительно проведенной нами сушки. Из-за слабости тока воздуха в нашей лабораторной сушилке сушка вместо 6—7 час. растянулась на 19 час. Но несомненно, что при дальнейшем улучшении способа Пьетра рассчитанная французскими учеными величина потери витамина С — 60% может быть сокращена. Для этого надо сделать ряд опытов по установлению оптимальных условий прохождения отдельных элементов технологического процесса сушки картофеля. Так, необходимо:

1. Установить оптимальную продолжительность и t° убивания паром картофельных клубней.

2. Установить действие сушки в вакууме на сохранение витамина С.

3. Установить оптимальный температурный режим сушки в токе воздуха.

4. Изучить условия хранения сушеного порошкообразного картофеля, обеспечивающие наиболее полное сохранение витамина С в готовом продукте.

Этот последний вопрос об условиях хранения готового продукта совершенно не освещен французскими исследованиями, а практическое значение вопроса очевидно.

Подводя итоги, мы предлагаем:

1. Созвать совещание представителей промышленности по сушке овощей и плодов для разработки всех необходимых организационных мероприятий с целью переработать по способу Пьетра достаточное количество картофеля урожая 1941 г.

2. Немедленно организовать проведение в научно-исследовательских учреждениях работ по дальнейшему улучшению способа приготовления сушеного порошкообразного картофеля.

Проф. Д. Сабинин».

6/IX—41 г.

Биологический факультет МГУ был эвакуирован в Ашхабад. Находясь в Туркмении, Сабинин вместе с сотрудниками провел серию важных экспериментов с солянками. Эту работу отличал глубокий теоретический подход Сабинина к химизму солянок и роли органических кислот в солеустойчивости растений. В результате он поставил вопрос о хозяйственной пользе солянок и даже наметил два направления их использования: первое — как источника лимонной кислоты. Для этой цели он предлагал *Salsola gemmascens*, в которой содержится 3,4% лимонной кислоты. В Туркмении этот вид солянки занимает свыше 1 млн. га (при среднем запасе массы — в 3—6 ц/га). Второе — как источник нитрата, а также небелковых, очень богатых нитратами, а также небелковых соединений азота, представляющих ценный материал для компостирования. При этом Сабинин указывал на многолетние растения *Halocnemum strobilaceum* (0,75%) и *Anabasis arphylla* (0,3%).

Сабинин и его помощники обнаружили лимонную кислоту, причем в значительных количествах, у большинства исследованных солянок и саксаулов. В этом отношении особенно выделялись солянка *Salsola subarphylla* и саксаул *Haloxylon arphyllum*. Общее количество органических кислот в солянках и саксаулах возрастает по мере вегетационного периода, а содержание лимонной кислоты достигает максимума в летние месяцы. Исследователи наблюдали и суточный ритм содержания лимонной кислоты: ее максимум приходится на утренние часы, к полудню происходит его понижение. Органические кислоты в саксаулах и солянках находятся в форме легко растворимых солей и почти полностью вымываются водой.

К этим исследованиям Сабинина примыкает и работа его сотрудницы С. С. Баславской¹¹⁵, которая изучала влияние засоления на содержание углеводов и деятельность амилазы и инвертазы у солеросов. Необходимо отметить, что Баславская в дальнейшем продолжила исследование Сабинина по накоплению органических кислот в растениях Средней Азии. В этой связи интересна ра-

¹¹⁵ Баславская С. С. Действие засоления на содержание углеводов и деятельность амилазы и инвертазы у *Salicornia herbacea*. — Бот. журнал АН СССР, 1943, т. 28, вып. 5, с. 205—207.

бота, сделанная Баславской совместно с Н. К. Тильгором¹¹⁶. Они установили, что лимонной кислотой богаты: кандымы (5% от сухого веса плодов), шелковица *Morus alba*, вернее, ее темноцветная разновидность (1,4—4% в плодах на сырой вес), оба вида саксаулов (чогон и тетыр) и другие солянки. Исследователи дали ценные указания по заготовке таких растений и извлечению из них лимонной кислоты.

В еще одной работе¹¹⁷, выполненной под руководством Сабина, Баславская более подробно и научно изложила закономерности накопления кислот солянками Средней Азии. В некоторых из них отмечалось очень высокое содержание павелевой кислоты — до 90%. Баславская констатировала, что у солероса содержание углеводов и направленность ферментов (амилаза, инвертаза) изменяются так же, как и у гликофитных растений табака, картофеля и подсолнечника. Однако в отличие от гликофитов никакого угнетения в росте у солероса при этом не наблюдалось. По справедливому утверждению Баславской, объяснение высокой солеустойчивости солероса нужно, очевидно, искать не в углеводном обмене, а в других обменных явлениях этого растительного организма.

Физиологические основы продуктивности водорослей

Интерес к проблеме продуктивности водоемов возник у Сабина еще до ухода из МГУ. Так, в 1944 г. он по договору с ВНИРО руководил работами по изучению фотосинтеза и продуктивности зарослей водных растений (элодея, кладофора, рдест) в Белом озере, а затем — в Черном море (у морских водорослей).

Работы на Белом озере (Московская обл.) вели Ф. З. Бородулина и М. С. Киреева¹¹⁸. По совету Сабина

¹¹⁶ Баславская С. С., Тильгор Н. К. Растения, содержащие лимонную кислоту. — В кн.: Сырьевые ресурсы Туркмении и их промышленное значение. Ашхабад, 1943, с. 32—34.

¹¹⁷ Баславская С. С. Исследования над содержанием органических кислот у некоторых солянковых в Туркмении. — Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд-ние биол., 1946, т. 51, вып. 2, с. 21—32.

¹¹⁸ Отчет о работе «Фотосинтез водных растений», проведенной по договору с ВНИРО. Работа выполнена Ф. З. Бородулиной и М. С. Киреевой при участии студентов МГУ Г. Михайловой,

нина они использовали при изучении фотосинтеза озерной флоры метод Винклера, позволяющий определять кислород, выделяемый водорослями. Экспериментаторы тщательно проработали этот метод и наметили оптимальные возможности его применения. По их мнению, при характеристике фотосинтеза водорослей непосредственно в водоемах необходимо сделать поправку на фотосинтез фитопланктона.

В ходе исследований был определен суточный ход фотосинтеза для элодеи и рдеста (*Potamogeton perfoliatus*), представляющий собой «одновершинную кривую с максимумом между 10 и 11 час. утра. Водоросль *Cladophora fracta* имеет двuverшинную кривую с максимумом от 9 до 10 час. утра и вторым, меньшим, — в 16 час. дня. Сезонный ход фотосинтеза достигает максимума в августе, но остается еще значительным и в сентябре. Зная интенсивность фотосинтеза водных растений и имея данные о количестве растений в водоеме (определенного дночерпателем), можно подсчитать накопление органического вещества в водоеме». В своих расчетах исследователи, учитывая интенсивность дыхания водорослей, измеряли действительное накопление органического вещества.

В своем отчете о проведенных экспериментах они приводят величины прироста сухого веса элодеи за сутки по месяцам: в июне — 6,5 г глюкозы на 1 кг сухих растений, в июле соответственно — 22 г, в августе — 52,5, в сентябре — 47 г. Их результаты по общей продуктивности фотосинтеза этого вида водорослей оказались близкими к данным Е. В. Борудского. (Последний при изучении фотосинтеза водных растений использовал дночерпатель.) Авторы отчета считают, что продуктивность фотосинтеза в водоемах, в частности у элодеи, можно приблизительно оценивать и по данным, полученным в опытах по фотосинтезу в лабораторных условиях.

Как уже отмечалось, Сабинин руководил работами по изучению фотосинтеза некоторых водорослей Черного моря¹¹⁹. Исследования велись в районе Сухуми (в то

М. Чугуновой; научные консультанты — проф. Д. А. Сабинин и доцент С. С. Баславская. 1944 г. Личный архив Ф. З. Бородулиной.

¹¹⁹ Киреева М. С., Бородулина Ф. З. Отчет о работе «Фотосинтез растений Черного моря», проведенной по договору с ВНИРО. В работе участвовали студенты МГУ Кочеткова и Галиева;

время там действовала Сухумская экспедиция ВНИРО, в состав которой и был включен московский отряд физиологов растений). Эксперименты ставились с зелеными водорослями *Enteromorpha*, *Cladophora* и красной водорослью *Geranium*. Количество растворенного в воде кислорода определялось методом Винклера.

В результате тщательных наблюдений было установлено, что водоросли литоральной зоны и зоны прибрежья имеют одновершинную суточную кривую фотосинтеза с максимумом между 11—16 час. Интенсивность их дыхания возрастает с увеличением фотосинтеза и сильно снижается ночью, когда, очевидно, процессы жизнедеятельности ослабевают. Фотосинтез зеленых водорослей находится в тесной зависимости от солнечной радиации и протекает много интенсивнее в солнечные дни, чем в облачные. В то же время фотосинтез красной водоросли *Geranium* от интенсивности освещения почти не зависит. Был определен и месячный прирост органического вещества (в пересчете на глюкозу у *Enteromorpha* в июле — 1441 г на 1 г сухой массы растений, в августе — соответственно 1772 г, в сентябре — 914 г и в октябре — 853 г).

Как видим, перед началом исследований по проблеме продуктивности водорослей Черного моря, которые Сабинин проводил уже в качестве сотрудника Института океанологии АН СССР, он имел опыт работы с водной растительностью. Об этом свидетельствует и его докладная записка, поданная директору института и раскрывающая обширную программу намечаемых исследований. Сабинин предлагал обратить внимание на два важных вопроса: азотно-фосфатное питание донных водорослей и продуктивность использования лучистой энергии донными водорослями. Ученый кратко обосновывал эти исследования и указывал на основные задачи, разрешить которые, по его мнению, можно было в ходе работ:

«Азотно-фосфатное питание донных водорослей.»

Изучение запасов донных водорослей, производившееся весьма интенсивно в период организации добычи иода из водорослей, а также в связи с организацией агар-агарового промысла, позволяет заключить о необы-

консультировали проф. Д. А. Сабинин и доцент С. С. Баславская. 1945 г. Личный архив Ф. З. Бородулиной.

чайной большой величине биомассы ряда донных водорослей и об исключительно быстрых темпах их роста. Особенно ярким являются соответствующие данные для северных морей. Обследование побережий Белого моря и Кольского залива, проводившееся проф. К. И. Мейером с сотрудниками, М. С. Киреевой и Т. Ф. Щаповой (Труды Океаногр. ин-та, т. III, № 3, 1933 г.), дали интересные материалы, позволяющие сделать ряд расчетов темпов роста бурых водорослей. . .

В районах с богатой вегетацией водорослей (напр., в зарослях ламинарий в Лумбовском заливе) на 1 м² дна сырая масса водорослей составляет 15 кг. При пересчете на гектар это составляет $15 \text{ кг} \times 10\,000 = 150 \text{ т/га}$. Принимая, по данным ряда авторов, содержание воды в *Laminaria saccharina* *L. digitata* — 85%, мы получаем, что на 1 га сухое вещество составляет 22,5 т. Правда, в ламинариях содержание зольных веществ очень велико: оно достигает до 40%. Но если мы даже примем это во внимание, то все же количество органического вещества на 1 га дна в зарослях ламинарий составит около 14 т. Ламинарии — многолетние водоросли, но, как известно, у них ежегодно нарастает вновь листовидная часть слоевища. По данным Киреевой и Щаповой, у ламинарий, достигших размера около 2 м, эта часть организма составляет 0,9 всего веса. Следовательно, ежегодно происходит новообразование 12,6 т/га органического вещества. Как видно из материалов другой работы Киреевой и Щаповой (Труды ВНИРО, т. VII, 1938 г.), нарастание листовидной части слоевища идет в основном на протяжении очень короткого периода: июнь и июль. За это время образуется около 0,8 всего новообразуемого за год органического вещества, т. е. 10 т/га.

Химический состав живого вещества ламинарий, как и других донных морских водорослей, изучен несравненно хуже, чем ряда наземных растений, но все же известно, что в составе слоевища ламинарий видную роль играет азот и довольно значительной величины достигает содержание фосфора. Так, по материалам Виноградова, содержание азота в % на сухое вещество водоросли (включая и золу) составляет 1,80%; следовательно, в 10 т/га органического вещества водоросли содержат 306 кг/га азота. Принимая по этим же материалам содержание фосфора в золе равным 2,7%, при содержании

зола 40%, мы получаем количество фосфора на га в водорослях, равным 184 кг.

Приходится принять, что в зарослях ламинарий в период новообразования листовидной части слоевища происходит накопление за два месяца (июнь и июль) значительных количеств азота и фосфора. О том, как велики эти количества, лучше всего можно судить, сопоставляя их с величинами так называемого выноса азота и фосфора наземными растениями, т. е. количества этих элементов, содержащихся в урожае их вегетативных и репродуктивных органов. Как об этом пишет акад. Прянишников, при урожае 30 ц/га зерна вынос азота составляет 100 кг/га. Выносу 300 кг/га азота соответствуют в сущности небывалые урожаи зерновых, около 90 ц/га, получавшиеся стахановцами только на небольших площадях. Вынос фосфора с урожаем сельскохозяйственных растений при обычных урожаях, по словам Прянишникова, составляет 25—60 кг/га. Иными словами, в годичном приросте ламинарий накапливается количество фосфора, в несколько раз превышающее соответствующую величину для сельскохозяйственных растений при хороших урожаях.

У этих растений величины выноса азота и фосфора, достигающие значений, рассчитанных нами выше для ламинарий, встречаются лишь в условиях очень обильного внесения удобрений на плодородных почвах. Что же является источником быстрого и громадного накопления азота и фосфора ламинариями?

Прежде всего для ответа на этот вопрос надо рассмотреть, в какой мере соединения азота и фосфора, находящиеся в морской воде в растворенном состоянии, могут быть этими источниками. Мы ограничимся анализом цифровых данных, освещающих лишь фосфатное питание ламинарий, указав на одинаковый характер выводов, получаемых в этом отношении для фосфора и для азота.

В период накопления указанных больших количеств фосфора ламинариями, т. е. июнь и июль, в северных морях на небольших глубинах содержание фосфатов в морской воде ничтожно. Так, по данным Бруевича и Гайкиной, для Кольского залива на глубине, соответствующей глубинам ламинариевых зарослей, у дна вода содержит около 2 мг/м³ фосфора, а у поверхности — эта

величина равна нулю. Очевидно, это падение содержания фосфатов от дна к поверхности обусловлено биологическим поглощением этих веществ, и в том числе ламинариями и другими донными водорослями. Примем, что падение содержания фосфатов от дна к поверхности идет равномерно; в таком случае содержание фосфатов в толще воды в зарослях ламинарий при средней глубине 5 м можно принять равным $0,5 \text{ мг/м}^3$.

В толще воды на зарослях ламинарий при указанных выше допущениях, если считать глубину равной 5 м, на 1 га дна содержится $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ фосфатов ($0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 \cdot 5$).

На основании приведенных выше расчетов темпов роста ламинарий в июне и июле и данных о содержании в них фосфора, при допущении линейной зависимости накопления фосфора от времени за указанный период ежедневно на 1 га зарослей в ламинариях накапливается следующее количество фосфора: $\frac{1,84 \cdot 10^2}{60} \text{ кг}$.

Если мы разделим величину суточного накопления фосфора ламинариями на запас фосфатов в толще воды на 1 га зарослей, то получим

$$\left(\frac{1,84 \cdot 10^2}{60}\right) \text{ кг} : (2,5 \cdot 10^{-2}) \text{ кг} = \frac{1,84}{150} \cdot 10^4.$$

Следовательно, ежедневное накопление фосфора ламинариями в 100 раз превышает весь запас фосфатов в толще воды над единицей площади дна зарослей. Каждый час (четыре раза) должен полностью обновляться запас фосфатов в толще воды, чтобы ламинарии могли, полностью поглощая их, накапливать фосфор такими темпами, какими этот процесс идет в природе. Очевидно, что нельзя представить себе ни процессов столь стремительного обновления воды в зарослях, ни столь необычайно быстрого и полного исчерпания этих запасов, которое приходится допустить, если считать фосфаты, растворенные в морской воде, единственным источником их фосфорнокислого питания.

Приходится поэтому сделать допущение о наличии в распоряжении донных водорослей совершенно иного источника фосфатного питания. Таким источником является, по нашему мнению, запас фосфора в виде адсорбированных фосфатов на коллоидных частицах, взвешенных в морской воде, на частицах ила, поднимаемых вол-

нением со дна, на частицах детрита. Эти коллоидные посетители фосфатов, попадая на поверхность ослизняющихся клеточных оболочек ламинарий и других донных водорослей, адсорбируются ими. Из адсорбированных коллоидных частиц фосфаты в результате процессов обменной адсорбции переходят в клетки водорослей, минуя этап перехода в растворенное состояние. Следовательно, фосфатное питание донных водорослей, являющееся моментом, лимитирующим развитие этих организмов, так же как и ряда планктонных форм, проходит в основном за счет источника, до сих пор не привлекавшего к себе должным образом внимания океанологов и гидробиологов и не подвергавшегося количественному учету.

Необходимо указать, что в последнее время в объяснении механизма минерального питания, в частности фосфатного питания наземных растений, главную роль играет представление о коллоидных частицах почвы как носителей почвенного плодородия, а не о так называемом почвенном растворе. Таким образом, развитые выше представления о фосфатном питании донных водорослей являются попыткой повернуть трактовку этой проблемы в том направлении, в каком уже произошел сдвиг в воззрениях на минеральное питание наземных растений. Изучение минерального питания донных водорослей позволит привлечь к характеристике условий обитания этих организмов, а может быть и фитопланктона в прибрежных водах, совершенно новые показатели. Это позволит выявить факторы, делающие некоторые местообитания столь благоприятными для быстрого накопления органического вещества донными водорослями при низкой температуре воды, малом числе солнечных дней и низкой прозрачности воды.

Надо указать, что отдельные исследователи при попытке объяснить накопление некоторых элементов минерального питания морскими организмами приходили к заключению о необходимости допустить использование ими частиц ила как источника питания. Так, Виноградов, рассматривая вопрос о накоплениях ванадия асцидиями, приходит к заключению о невозможности понять этот процесс, исходя из допущения о поглощении только растворенных в морской воде соединений ванадия. Проверяя предположение об использовании в этом процессе частиц ила, Виноградов показывает, что действительно

они являются носителями значительных количеств ванадия.

Широкое распространение ослизняющихся оболочек и слизи у морских растений и животных находится в полном соответствии и с представлением о большой роли коллоидных частиц морской воды в минеральном питании этих организмов. При бедности морской воды главными элементами минерального питания — азотом и фосфором — физиологическое значение процесса адсорбции коллоидных частиц (носителей различных элементов минерального питания) должно быть очень большим. Решение вопроса о значении в минеральном питании донных водорослей процессов адсорбции коллоидных частиц откроет путь к разработке проблемы физиологического значения слизи в жизни морских организмов.

В программу работ по всей теме должно на ближайшее время войти решение следующих трех экспериментальных задач: 1) установление хода роста и накопление азота и фосфора донными водорослями с учетом форм соединений этих элементов в водорослях.

Это задача может быть решена путем проведения соответствующих наблюдений, измерений и анализов над донными водорослями в местах, где происходит быстрое нарастание органической массы и накопление соединений азота и фосфора.

2) Установление содержания адсорбционно-связанных соединений азота и фосфора в коллоидных частицах, взвешенных в морской воде и в тонких фракциях ила и детрита.

Данная задача должна решаться путем опытов по обменной адсорбции с различными коллоидными фракциями как взвешенных частиц, так и частиц поверхностных слоев донных отложений.

3) Установление способностей водорослей использовать адсорбированные коллоидными частицами элементы минерального питания.

Это может быть выполнено путем проведения экспериментов по выращиванию водорослей в обычной морской воде, в морской воде, искусственно лишенной коллоидных частиц, и при добавлении в воду, лишенную коллоидных частиц, разных количеств и фракций этих частиц.

Продуктивность использования лучистой энергии донными водорослями

Внимание многих исследователей привлекали соображения по поводу использования лучистой энергии растительными организмами моря. Как известно, наземные организмы характеризуются малой величиной продуктивности использования лучистой энергии в процессе фотосинтеза. Эту величину мы будем понимать как отношение количества энергии, аккумулированной растениями, занимающими единицу поверхности, к притоку солнечной энергии за определенный период на единицу горизонтальной поверхности и выражать отношение в %. В таком случае, как это в свое время рассчитал еще К. Тимирязев, она выразится для наземной растительности значением около 0,5% и, как правило, меньшим этой величины. Насколько мне известно, в научной литературе не только не отмечалось, что морские растения характеризуются значительно большей продуктивностью использования лучистой энергии, чем наземные, но даже делались заключения о близости соответствующих величин. Несомненно, такие представления являются ошибочными, и нетрудно указать источник этих ошибок в оценке продуктивности использования лучистой энергии при фотосинтезе морских организмов.

Обычно основой соответствующих расчетов делают фотосинтез планктонных организмов, но, насколько мне известно, до сих пор для установления рассматриваемой величины не привлекались данные по накоплению органического вещества донными водорослями. Использование определений этого последнего рода разительным образом меняет сложившиеся представления о величине использования лучистой энергии при фотосинтезе водорослей.

Если использовать приведенные в обосновании первого направления работ данные, то отправной точкой для расчета интересующей нас величины можно взять образование в зарослях ламинарий за два месяца 10 т/га органического вещества. Это значит, что на 1 м² дна образуется в день органических веществ:

$$\frac{10 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{60 \cdot 10^4} \text{ г} = 0,166 \cdot 10^2 \text{ г.}$$

Следовательно, за счет лучистой энергии, падающей на 1 м^2 поверхности моря, в зарослях ламинарий в период интенсивного роста образуется за день $16,6 \text{ г}$ органического вещества.

Если обратиться к данным, используемым как основа для расчета продуктивности моря в книге «Океаны» Свердрупа, Джонсона и Флеминга (изд. 1946 г.), то в таблице, на стр. 938, среди десятков значений высшие составляют (при пересчете с углерода на органическое вещество) с 40% углерода — всего 5—8 г. Таким образом, продукция органического вещества донными водорослями в наших северных морях превышает в 10—20 раз наибольшие известные в литературе величины продукции на 1 м^2 поверхности моря. В мелководных морях, где площади, занятые донными водорослями, составляют заметную часть от всей площади морского дна, мы, несомненно, допустим грубые ошибки в оценке продуктивности, если не примем во внимание совершенно выдающиеся способности к высоко продуктивному использованию лучистой энергии морскими водорослями.

Можно сказать, что эти организмы характеризуются значительно большей продуктивностью использования солнечной радиации, чем наземные растения. Рассчитаем соответствующую величину для ламинарий Белого моря в период июнь—июль, пользуясь приведенными выше данными о накоплении органического вещества. Примем для пересчетов, основываясь на данных анализа содержания углерода в ламинариях, что в них имеется 40% углерода. В таком случае на 1 га зарослей за 2 месяца связывается в форме органического вещества 4 т/га углерода. Как ни трудно рассчитать из балансового уравнения фотосинтеза усвоение 1 г углерода отвечает накоплению 10 тыс. кал. (малых калорий). Следовательно, при накоплении 4 т/га органического углерода аккумулируется следующее количество энергии: $4 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^4 = 4 \cdot 10^{10}$ кал.

Непосредственных данных о притоке солнечной энергии на 1 га поверхности моря за июнь—июль для места произрастания ламинарий в Белом море, насколько мне известно, в литературе нет. Но можно принять, что соответствующая величина примерно равна найденным значениям притока лучистой энергии для Павловска под

Ленинградом. Некоторое превышение продолжительности дня около полярного круга над длиной дня в Слуцке компенсируется меньшей высотой стояния Солнца, поэтому подмена отсутствующих значений солнечной радиации на Белом море за июнь—июль данными, полученными в Слуцке, по крайней мере для ориентировочных расчетов вполне возможна. В Слуцке на 1 см² горизонтальной поверхности за июнь—июль приток лучистой энергии составляет 7560 + 8293 = 16 000 кал. При указанных допущениях мы примем, что на 1 га поверхности моря в зарослях ламинарий приток солнечной энергии составляет за июнь—июль:

$$1,6 \cdot 10^4 \cdot 10^4 \cdot 10^4 = 1,6 \cdot 10^{12} \text{ кал.}$$

Продуктивность использования солнечной радиации ламинариями составляет, следовательно,

$$\frac{4 \cdot 10^{10}}{1,6 \cdot 10^{12}} \cdot 100\% = 2,5\%.$$

Эту величину нельзя не признать очень большой, если иметь в виду, что для наземных растений в среднем она составляет всего около 0,5%. Но особенно существенным является то обстоятельство, что, усваивая углекислоту, слоевица ламинарий находится хотя и на небольшой глубине (мы принимали ее выше 5 м), но все же интенсивность радиации для них сильно снижена за счет поглощения ее водной толщей. Пользуясь данными, приведенными в книжке Гарвея «Биохимия и физика моря», можно заключить, что на глубине 5 м в прибрежных водах, интенсивность света составляет лишь 20% от величины для поверхности морской воды. Основываясь на этом, следует величину 2,5% умножить на 5... Величина 12,5% выходит за пределы всех соответствующих цифр, установленных когда бы то ни было для наземных растений. Выдающееся высокое использование лучистой энергии донными водорослями заставляет ставить вопрос о причинах, обуславливающих эту особенность процесса фотосинтеза у водных растительных организмов.

Можно указать четыре причины, приводящие к указанной черте фотосинтеза донных водорослей:

1) Отсутствие у этих растений той основной в энергетическом балансе статьи расхода энергии, какой является трата ее на испарение. Известно, что на транспирацию наземные растения тратят в десятки раз больше поглощаемой ими лучистой энергии, чем на фотосинтез. У погруженных в воду растительных организмов этот процесс не имеет места, что создает условия для более продуктивного использования лучистой энергии.

2) Сниженная интенсивность света в условиях обитания донных водорослей. Известно, что при низких интенсивностях света и при прочих равных условиях происходит более продуктивное использование падающей на растение лучистой энергии. Так, в классических опытах Варбурга и Нэгелейна были достигнуты небывало высокие величины продуктивности света, когда они проводили опыты по фотосинтезу при очень низкой интенсивности света. Водные растения, даже обитающие на небольшой глубине, находятся в условиях более продуктивного использования света, чем наземные.

3) Более благоприятный спектральный состав света, проникающий сквозь толщу воды, чем у поверхности воды. Классическими опытами К. А. Тимирязева в свое время было установлено, что в солнечном спектре наиболее важное значение для фотосинтеза имеют красные лучи, как наиболее сильно поглощаемые и наиболее богатые энергией излучения. Это положение было впоследствии подтверждено целым рядом исследований, и оно определяет значение лучей разной части спектра при кратковременных опытах по фотосинтезу. Но если учитывать прирост сухого вещества растений за длительные промежутки времени, измеряемые неделями и месяцами, то здесь уже выступает определяющее значение других частей спектра. Так, опытами В. Н. Любименко было доказано, что лучи сине-фиолетовой части спектра имеют первостепенное значение для процессов накопления органического вещества растениями за длительные промежутки времени. Сейчас после ряда исследований по изучению фотохимического и физиологического действия света мы можем с определенностью утверждать, что лучи коротковолновой сине-фиолетовой части спектра имеют очень большое значение для синтеза белков, нуклеопротеидов и ряда других жизненно важных соединений. Соединения этого рода являются основой процессов роста.

и, следовательно, открывается возможность понять выдающееся физиологическое значение лучей коротковолновой части спектра для роста растений.

Подводя итоги сказанному о причинах более высокой продуктивности использования солнечной энергии донными водорослями и другими водными растениями, можно было бы сказать: наиболее выгодны условия ослабленного солнечного света, но относительно обогащенного синефиолетовыми лучами. Именно таковы световые условия в зарослях ламинарий и других донных водорослей.

4) Более выгодные черты анатомо-морфологической организации водорослей, чем наземных растений. У этих последних в силу необходимости обеспечивать развитие большого количества проводящих и механических элементов очень значительная часть образуемого растением органического вещества идет на формирование этих тканей. Очевидно, эти части растения не принимают участия ни в дальнейшем фотосинтезе, ни в росте. Таким образом, у наземного растения лишь малая часть новообразуемого органического вещества тратится на расширение самого работающего аппарата фотосинтеза. Гораздо более выгодные условия складываются у водорослей, где большая часть массы живого организма принимает участие в фотосинтезе в новом образовании живого вещества. При фотосинтезе водоросли осуществляют как бы расширенное воспроизводство ассимиляционного аппарата и это обеспечивает невиданные для наземных растений темпы накопления органического вещества при росте. Величина темпа этого накопления определяется не только скоростью первичного синтеза органического вещества, учитываемого при обычных определениях фотосинтеза, но соотношением новообразования веществ, принимающих дальнейшее активное участие в росте, к общему количеству новообразованного органического вещества.

Обозначим общее количество органического вещества, образуемого в единицу времени единицей массы организма, через ΔW , количество веществ, принимающих дальнейшее активное участие в росте и фотосинтезе, образуемых за то же время той же массой организма, через ΔA . В таком случае величина отношения $\frac{\Delta A}{\Delta W}$ явится существеннейшим показателем жизнедеятельности растения. Очевидно, донные водоросли моря, быстро накапли-

вающие органические вещества, характеризуются высокой величиной $\frac{\Delta A}{\Delta W}$.

До последнего времени при решении проблемы продуктивности моря развитые выше соображения, насколько я знаю, не принимались в расчет и поэтому имеющиеся цифровые материалы не дают возможности подойти к пониманию наблюдаемых больших различий продуктивности морей.

Для того чтобы правильно решать проблему продуктивности, я считал бы целесообразным по рассматриваемому направлению работ в ближайшее время решить следующие три задачи:

1) Установить путем взятия соответствующих проб и наблюдений ход нарастания органического вещества у донных водорослей в районах, богатых биомассой водорослей. Эта задача может быть решена заодно с решением первой из намеченных задач по первой теме.

2) Установление режима солнечной радиации в зарослях водорослей. Для решения этой задачи в местах наблюдений над ростом водорослей надо провести хотя бы простые фото- и актинометрические измерения на протяжении периода вегетации водорослей.

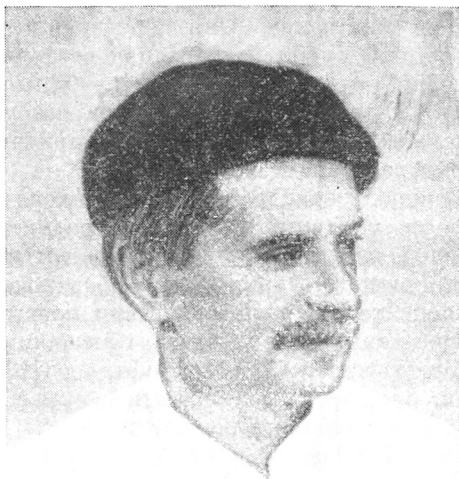
3) Установление величины отношения $\frac{\Delta A}{\Delta W}$ для донных водорослей. Данная задача должна решаться как путем аналитических определений, устанавливающих количество накопленных за определенное время белков, нуклеопротеидов, полисахаридов и пр., так и путем анатомо-морфологического изучения, характеризующего новообразующиеся части организма. Анатомические определения могут быть сделаны заодно с соответствующими работами по первой теме¹²⁰.

21 ноября 1948 г.

Проф. Д. А. Сабинин».

Работая на морской биологической станции в Геленджике, Сабинин уделял большое внимание изучению роста и продуктивности бурой морской водоросли цистозирры (*Cystoseira barbata*). Это исследование он проводил совместно с известным гидробиологом Т. Ф. Щаповой. Ре-

¹²⁰ Архив АН СССР, ф. 1594, оп. 1, д. 78.



Д. А. Сабинин в последние годы жизни

зультаты их работы, опубликованные в 1954 г. уже после кончины Сабинина, отличались тщательностью обработки и научной значимостью.

Прежде всего Сабинин и Шапова установили, что годовой прирост осевой части цитозеры складывается из одной зоны укороченных междоузлий, соответствующей зимнему периоду, и одной зоны удлинённых междоузлий, характерной для летнего периода. Основываясь на этом факте, исследователи установили максимальный возраст цитозеры — 20 лет.

До работы Сабинина и Шаповой считалось, что цитозера является многолетней формой, однако количество возможных лет ее вегетации было неизвестно, об этом, в частности, писала Н. Морозова-Водяницкая¹²¹. Сабинин

¹²¹ Морозова-Водяницкая Н. Донная растительность Черного моря и ее промысловое значение. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936.

и Щапова нашли изящный и достоверный способ определения возраста цистозеры. Они подтвердили принадлежность исследуемой бурой водоросли к светолюбивым формам и показали, что с увеличением глубины произрастания от 0,5 до 20 м ее многолетний прирост уменьшается в 2,4, а густота ветвей — в 6—7 раз, причем интенсивность фотосинтеза падает почти в 50 раз (в процессе экспериментов использовался метод Винклера). Полученные в процессе изучения величины продуктивности цистозеры исследователи сравнили с продуктивностью зарослей ламинарии на Мурманском побережье. Оказалось, что в этом аспекте северные водоросли превышают своих южных коллег примерно в 2,4 раза. Как видим, занимаясь продуктивностью водорослей макрофитов, Сабинин и в новой для себя области — океанологии — сумел связать работу с запросами народного хозяйства.

В период деятельности в Геленджике Сабинин также руководил исследованиями Г. М. Чихачевой¹²² по биологии эпифитной водоросли *Rhabdonema adriaticum* Ktz. Чихачева закончила эту работу в 1955 г., в частности установив, что образование ауксаноспор, восстанавливающих размеры клеток у диатомей, происходит раз в три года одновременно у всей популяции.

В последние дни своей жизни Сабинин думал и работал над созданием монографии по питанию и продуктивности донных водорослей моря и фитопланктона. Об этом свидетельствуют оставшиеся в его архиве наброски и разработанный план книги. Судя по этим документам, ученый отмечал высокую продуктивность водорослей северных морей (ламинарий), а также роль взвешенных в воде коллоидных и других органических веществ моря в питании водорослей. Обдумывал он и монографию по электрофизиологии растений. Все эти прекрасно задуманные планы, к сожалению, остались неосуществленными.

В этой связи хотелось бы привести несколько строк из воспоминаний И. И. Колосова и О. М. Трубецковой о своем учителе: «Делая попытку охарактеризовать научную деятельность Дмитрия Анатольевича, — писали они, — необходимо отметить, что список опубликованных

¹²² Чихачева Г. М. К биологии диатомовой водоросли *Rhabdonema adriaticum* Ktz. — Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1955, т. 13, с. 83—88.

им работ не дает полного представления о размахе его исследования. Многие из написанного им осталось неопубликованным. Кроме того, Дмитрий Анатольевич давал тему своим ученикам, неустанно следил за ходом экспериментальной работы, многократно обсуждая результаты, приучая своих сотрудников к всесторонней обработке полученных материалов и помогая очень много в процессе подготовки статьи к печати, весьма редко соглашался ставить свою фамилию при опубликовании работы. Она, как правило, выходила только под фамилией ученика Дмитрия Анатольевича»¹²³.

30 марта 1960 г. состоялось заседание, посвященное памяти Д. А. Сабина. Собравшиеся с исключительной теплотой и любовью говорили о Дмитрии Анатольевиче. По словам В. Н. Жолкевича, они «охарактеризовали Д. А. Сабина как смелого ученого-новатора, оригинального мыслителя и исследователя, талантливого педагога, как обаятельного душевного человека, каким он навсегда останется в памяти тех, кому выпало счастье учиться у него или работать вместе с ним, и каким по праву гордится наша отечественная наука»¹²⁴.

¹²³ *Голосов И. И., Трубецкова О. М.* Научная деятельность профессора Дмитрия Анатольевича Сабина. — В кн.: *Сабинин Д. А.* Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 478.

¹²⁴ *Жолкевич В. Н.* Заседание, посвященное 70-летию со дня рождения профессора Д. А. Сабина. — *Физиология растений*, 1960, т. 7, вып. 3, с. 381.

Заключение

Подводя итоги о жизни и творчестве Д. А. Сабинина, попытаемся кратко охарактеризовать результаты его неутомимой научной, педагогической и научно-организаторской деятельности.

Сабинин прошел школу В. И. Палладина на кафедре физиологии растений Петербургского университета. Большое влияние на него оказал на той же кафедре А. А. Рихтер. Сабинин участвовал под руководством В. И. Палладина в экспериментальной разработке его теории дыхания, показав, что сбраживание молочной кислоты дрожжами происходит лишь при наличии акцептора водорода — метиленового синего.

В дальнейшем исследования Сабинина были посвящены преимущественно роли корневой системы в жизнедеятельности растений. При этом он установил ряд принципиально новых положений.

Сабинин выяснил роль корневой системы не только в поглощении воды и минеральных веществ, но и в синтезе многих веществ. Особенно существенна необходимость этих синтетических процессов, в том числе физиологически активных веществ в корнях, для всего растения.

Сабинин показал неприменимость плазмолитического метода в исследовании проницаемости протоплазмы и выяснил возможность изучения проницаемости плазмы и поступления веществ в корневую систему путем анализа сока плача. Таким образом, он дал новый метод изучения поступления минеральных веществ из гипотонических растворов. Сабинин выяснил роль рН в поглощении ионов: в кислой среде поступают преимущественно катионы, а в щелочной — анионы. Этим было установлено

неэквивалентное поглощение и одно из косвенных влияний рН на растение.

Он провел интересную работу по регулированию актуальной кислотности наружного раствора корневой системы растений. Совместно со своими учениками Сабинин обнаружил зависимость выделения минеральных веществ корневыми системами от рН и уравновешенности растворов.

Он обосновал представление об осмотической природе движущей силы плача растений (теория Пристли—Сабинина) и предложил способ расчета этой силы.

В дальнейшем Сабинин доказал роль изменений обмена веществ и поляризации клетки в отношении осмотического давления в связи с изменением количества и характера тургорогенов и установил возможность наличия отрицательного тургора и превышения сосущей силы над осмотическим давлением. Он проследил за поступлением солей в сосуды ксилемы и отметил их концентрирование в соке плача по сравнению с окружающим раствором; показал, что первым этапом поглощения веществ клеткой является обменная адсорбция.

Сабинин предложил учитывать поглощение минеральных веществ на единицу объема поверхности корневой системы, что способствовало получению сравнимых результатов для исследований по минеральному питанию. Подчеркнув, что существенным этапом поглощения минеральных веществ является их накопление и связывание компонентами плазмы, он наметил тесную взаимосвязь надземных органов как источника образования ассимилятов с корневой системой, поставляющих в надземные органы ряд специфических продуктов метаболизма, синтезированных в самом корне. Ученый предложил использовать содержание минеральных веществ, подаваемых с пасокой, в качестве метода количественной диагностики минерального питания.

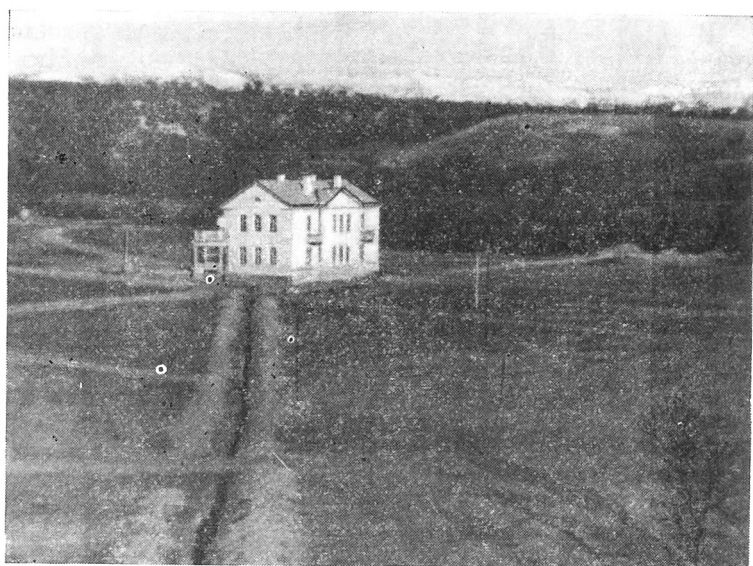
Сабинин сделал важный вывод о возможности регулировать образование важнейших веществ изменением минерального питания. Например, аммонийное питание позволяет увеличить образование каучука, а нитратное — способствует накоплению эфирного масла в растении; можно сильно увеличить содержание белка в зерне, приурочивая внесение азота к определенным периодам развития растений.

Ценен вклад Сабинина и в агрономию. Его теоретические представления по физиологическим основам применения удобрений сыграли большую роль в развитии земледелия в нашей стране. Разработке этих представлений в большей мере помогло использование предложенного ученым метода изучения структуры урожая. В частности, Сабинин внес ряд важных предложений по агротехнике хлопчатника. В соавторстве с Д. В. Харьковским он составил первый справочник по удобрению хлопчатника. Очень многие его предложения вошли в практику сельского хозяйства Средней Азии. Им разработан способ улучшения бедных гумусом сероземов путем запахивания гуза-паи (высохшие после сбора урожая растения хлопчатника) под люцерну, в результате чего урожай последней возрастает до 75% (на сухой вес), в свою очередь влияя на повышение продуктивности хлопчатника в севообороте.

Сабинин предложил ряд усовершенствований в сеялке для внесения удобрений. Рекомендуя дробное внесение удобрений под хлопчатник, он подчеркнул роль фосфорных удобрений, как средства по обезвреживанию высоких доз азота. Своими статьями, книгами и лекциями он способствовал углублению знаний и расширению кругозора агрономических кадров в нашей стране.

Велики его заслуги и в области микробиологии. Сабинин и его ученики выполнили ряд работ по почвенной микробиологии, при этом он установил необходимость изучения микрофлоры по генетическим горизонтам и по всему профилю почвенного разреза. Ученый отметил роль корневых выделений для развития микрофлоры ризосферы и внес ценное предложение, способствующее увеличению числа клубеньков и интенсивности азотофиксации клубеньковых бактерий подкормкой растения органическим веществом.

В последние годы жизни Сабинин особенно увлекался процессами роста и развития растения. Он внимательно изучал работы по физиологии клетки. В результате исследований он дал оригинальные определения роста и развития. Ученый отметил роль нуклеопротеидов и их производных в ростовых процессах растений и указал, что их синтез происходит в корневой системе. С последним процессом он и связал более интенсивный рост корневых систем по сравнению с меристемой конусов роста у надземных частей.



Лабораторный корпус в Геленджике

Сабинин предсказал образование гормональных веществ — открытых позднее цитокининов, которые, образуясь в корнях, влияют на ростовые процессы всего растения. Изменениями содержания нуклеиновых кислот и их производных он объяснил эндогенный ритм ростовых процессов у растений.

Через всю научную жизнь пронес Сабинин огромный интерес к изучению внутренней организации клетки. Он создал прекрасные главы по физиологии клетки — «Минеральное питание растений» (1940 г.) и «Физиологические основы питания растений» (1955 г.), редактировал русский перевод практикума, составленного немецким ученым Э. Штрутгером (1939 г.). Со своими сотрудниками он выполнил ряд экспериментальных работ по структурной вязкости протоплазмы и другим разделам физиологии клетки.

Большое значение имело развитое Сабининым представление о лабильности протоплазматических структур клетки и о тесной функциональной связи между организацией клетки и физиологическими процессами растения.

В своих книгах и статьях Сабинин дал критический анализ и ряда общепризнанных в то время теорий: Митчерлиха—Бауля, Н. П. Кренке, Мюнха, ультрафильтрационной концепции проницаемости протоплазмы, теории стадийного развития. В частности, разбирая последнюю, Сабинин отрицал незаменимость факторов яровизации и не признавал необратимости этого процесса до его завершения образованием морфологических структур. Ученый считал необходимым дать более глубокий физиологический анализ процессам, вызывающим цветение растений. Подобное критическое рассмотрение многих теоретических построений в физиологии растений способствовало успехам советской науки.

Сабинин был не только весьма эрудированным фитофизиологом, но и прекрасным биологом. Это сказалось прежде всего на формировании его представлений о роли жизнедеятельности корней и о значении организации и структуры протопласта, а также на его огромном интересе к регулированию наиболее интегральными физиологическими процессами роста и развития растений и вопросам внутривидовой борьбы у растений (1948 г.).

Будучи замечательным педагогом, Сабинин создал большую школу учеников, многие из которых стали в дальнейшем видными учеными, профессорами, докторами и кандидатами биологических наук. Среди них: М. А. Али-Заде, С. С. Андреевко, Т. Ф. Андреева, С. С. Баславская, А. К. Белоусова, И. А. Волков, А. Г. Гебгардт, П. А. Генкель, В. Н. Жолкевич, М. Г. Зайцева, И. И. Колосов, Л. С. Литвинов, Е. Г. Минаина, Н. Г. Потапов, Ю. А. Самыгин, О. А. Семихатова, Н. З. Станков, О. М. Трубецкова, А. Ф. Клепшин, О. Ф. Туева, Ю. Л. Цельникер, В. В. Церлинг и др.

Научно-организационная деятельность Сабинина не знала границ. Он активно участвовал в создании и работе Камской биологической станции при Биологическом научно-исследовательском институте Пермского университета, был одним из организаторов Троицкого лесостепного заповедника. Ученый играл большую роль в организационной деятельности Пермского государственного университета. Он последовательно занимал в нем должность старшего ассистента, доцента, профессора, заведующего кафедрой и был даже проректором. Некоторое время Сабинин заведовал лабораторией физиологии растений



Д. А. Сабинин с ламинарией

Всесоюзного института хлопководства в Ташкенте, а затем аналогичной лабораторией в научном институте удобрений в Москве. Он организовал и в течение многих лет возглавлял лабораторию физиологии растений ВИУАА в Москве, руководил кафедрой физиологии растений МГУ. Уже в последние годы своей жизни Сабинин налаживал работу гидробиологической станции Института океанологии АН СССР в Геленджике.

«Д. А. Сабинин, — говорил В. Н. Жолкевич, — принадлежал к числу тех замечательных ученых, чья поистине

колоссальная эрудиция с редкой наблюдательностью и поразительным умением анализировать факты позволяют им видеть значительно дальше большинства своих современников. Иногда приходится просто удивляться точности сделанных Д. А. Сабининым выводов, которые еще лет 15 тому назад представлялись многим недостаточно обоснованными, а часто даже фантастическими. Жизнь показала, что Д. А. Сабинин в сущности предсказал основные пути развития фитофизиологии и разрешения целого ряда ее кардинальных проблем на много лет вперед».

К этой замечательной характеристике Сабинина хочется лишь добавить глубокую преданность ученого делу развития науки, его негибаемую принципиальность, правдивость, подлинный патриотизм и непримиримую борьбу за материалистическое научное мировоззрение.

Основные даты жизни и деятельности Д. А. Сабина

- 1889 г. 28 ноября — Родился в Петербурге.
- 1909 г. — Закончил с отличием гимназию Столцова в Петербурге. Поступил на естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета.
- 1913 г. — Вышла из печати первая научная работа Д. А. Сабина «О карбоксилазе у дрожжей». Закончил университет.
- 1914 г. — По предложению профессора В. И. Палладина оставлен при университете для подготовки к профессорскому званию.
- 1914—1917 гг. — Работал ассистентом в Психоневрологическом институте у А. А. Рихтера.
- 1916 г. — Работал лаборантом Степной биологической станции Петроградского общества естествоиспытателей в Каменной степи (Воронежская губ.).
- 1917 г. — Работал ассистентом кафедры физиологии растений Петроградского университета.
- 1918 г. — Перешел в качестве старшего ассистента на кафедру физиологии растений Пермского государственного университета.
- 1919 г. — Сдал магистерские экзамены в Пермском государственном университете.
- 1920—1923 гг. — Доцент Пермского университета.
- 1920—1922 гг. — Работал лаборантом Камской биологической станции университета в Нижней Курье.
- 1921 г. — Выступил с докладом на Всероссийском съезде ботаников в Ленинграде.
- 1922 г. — Руководил Камской биологической станцией. Утвержден научным сотрудником Биологического научно-исследовательского института при Пермском университете.
- 1923 г. — Избран членом немецкого Общества ботаников. Утвержден в ученом звании профессора.

- 1924—1929 г. — Заведовал кафедрой физиологии растений Пермского университета.
- 1925 г. — Утвержден действительным членом Биологического научно-исследовательского института при Пермском университете. Участвовал в комплексной Троицкой экспедиции. Выезжал в Троицкую Степь (Челябинская обл.) для сбора образцов по почвенной микробиологии. Вышла в свет монография «О корневой системе как осмотическом аппарате», получившая премию ЦЕКУБу.
- 1926 г. — Начало формирования научной школы Д. А. Сабинина. Избрание членом французского научного общества биологической химии.
- 1927 г. — В течение трех месяцев находился в научной командировке во Франции (Париж).
- 1928 г. — Откомандирован в Государственный институт опытной агрономии (Ленинград), где руководил работой своих сотрудников О. М. Трубецкой, Е. Г. Мининой и О. Ф. Туевой.
- 1929—1931 г. — Переехал в Ташкент, где заведовал отделом физиологии и микробиологии Среднеазиатской станции удобрений, а затем аналогичным отделом в НИХИ. Читал лекции в Ташкентском университете. Переехал в Москву. Заведовал лабораторией физиологии растений в Научном институте по удобрениям ВСНХ (Москва).
- 1932—1941 г. — Заведовал лабораторией физиологии растений ВИУАА.
- 1932—1948 г. — Возглавлял кафедру физиологии растений МГУ.
- 1935 г. — ВАК присудил Сабинину без защиты диссертации ученую степень доктора биологических наук.
- 1938—1940 г. — Заведовал лабораторией минерального питания в Институте физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР.
- 1940 г. — Вышла в свет монография «Минеральное питание растений».
- 1941 г. — Президиум АН СССР присудил Сабинину премию им. К. А. Тимирязева за монографию «Минеральное питание растений».
- 1946 г. — Поездка на Памир.

- 1948 г. — Выступил на Девятом Тимирязевском чтении на тему «О значении корневой системы в жизнедеятельности растений».
- 1949 г. — Вышли из печати материалы Девятого Тимирязевского чтения с сообщением Д. А. Сабинаина.
- 1949—1951 гг. — Работал научным сотрудником и исполнял обязанности директора Черноморской экспериментальной научно-исследовательской станции (Геленджик).
- 1951 г. — Смерть Д. А. Сабинаина.
- 1955 г. — Вышла в свет монография Д. А. Сабинаина «Физиологические основы питания растений».
- 1956 г. — Президиум АН СССР присудил Д. А. Сабину (посмертно) премию за монографию «Физиологические основы питания растений».
- 1963 г. — Вышла в свет книга Д. А. Сабинаина «Физиология развития растений».
- 1971 г. — Вышла в свет книга Д. А. Сабинаина «Избранные труды по минеральному питанию растений».

Литература

Научные труды Д. А. Сабинина

- Карбоксилаза дрожжей. — Тр. О-ва естествоисп. при СПб. ун-те, 1913, т. 44, с. 197.
- Об участии редуктазы и карбоксилазы в разложении молочной кислоты убитыми дрожжами/ Совм. с В. И. Палладиным, Е. А. Ловчиновской. — Изв. Рос. АН, 1915, сер. 6, т. 9, № 8, с. 701.
- Разложение пировиноградной кислоты шампиньонами/ Совм. с В. И. Палладиным. — Изв. Рос. АН, 1915, сер. 6, т. 9, № 13, с. 1371—1380.
- Разложение молочной кислоты убитыми дрожжами/ Совм. с В. И. Палладиным. — Изв. Рос. АН, 1916, сер. 6, т. 13, № 3, с. 187—194.
- On the decomposition of lactic acid by killed yeast/ Совм. с В. И. Палладиным. — *Biochem. J.*, 1916, vol. 10, N 2, p. 183.
- К вопросу о влиянии реакции среды на проницаемость протоплазмы. — Журн. Рус. бот. о-ва, 1921, т. 6, с. 23.
- К изучению проницаемости протоплазмы. — Изв. Биол. науч.-исслед. ин-та при Пермск. ун-те, 1923, т. 1, вып. 3/4, с. 121.
- О способе определения величины движущей силы плача растений. — Изв. Биол. науч.-исслед. ин-та при Пермск. ун-те, 1923, т. 2, вып. 5, с. 195.
- О корневой системе как осмотическом аппарате. — Изв. Биол. науч.-исслед. ин-та при Пермск. ун-те, 1925, т. 4, прил. 2.
- Реакция среды как фактор минерального питания растений/ Совм. с С. С. Колотовой. — В кн.: Результаты работ агрохимического отдела Пермской опытной станции за 1926 г. Пермь, 1927.
- О распространении азотобактера в почвах Троицкого округа Уральской области/ Совм. с П. А. Генкелем. — Природа и сельское хоз-во засушливо-пустынных областей СССР, 1927, № 1/2, с. 65.
- О регулировании реакции наружного раствора растениями/ Совм. с Е. Г. Мининой. — Изв. Биол. науч.-исслед. ин-та при Пермск. ун-те, 1928, т. 6, вып. 4, с. 165.
- Принцип и методика изучения минерального состава пасоки. — Бюл. Отд. земледелия ГИОА, 1928, № 15, с. 18.
- Изучение пасоки как способ исследования минерального питания/ Совм. с Е. Г. Мининой, О. М. Трубецковой. — Бюл. Отд. земледелия ГИОА, 1928, № 16, с. 21.

- Микробиологический почвенный профиль как зональный признак/ Совм. с Е. Г. Мининой. — В кн.: Тр. Второго междунар. почв. конгр. М., 1930, с. 107.
- Влияние азотистых и фосфорнокислых удобрений на урожай хлопчатника в условиях вегетационного опыта/ Совм. с Г. А. Богдасаряном, М. И. Поповой, Г. Д. Панфиловой. — Тр. Среднеазиат. науч.-исслед. ин-та хлопководства, 1931, вып. 37, с. 96.
- Гуза-Пая как удобрение в хлопководстве/ Совм. с А. Е. Вяловским. — За хлопковую независимость, 1934, № 2, с. 55.
- Взаимодействие факторов, определяющих продукцию хлопчатника в Судане. — За хлопковую независимость, 1931, № 2, с. 111.
- Уплатить эффективность азотных удобрений в хлопководстве. — Коммунистический Восток, 1931, № 2, с. 3.
- Действие высшего растения на микрофлору почвы/ Совм. с Е. Г. Мининой. — Химизация соц. земледелия, 1932, № 6, с. 16.
- Руководство-справочник по применению удобрений под хлопчатник Средней Азии./ Совм. с Д. В. Харьковым. М.: Сельхозгиз, 1932.
- Диагностирование потребности растений в удобрениях по физиологическим признакам. — Химизация соц. земледелия, 1932, № 1, с. 50.
- Обменная адсорбция на корневых системах. — Докл. АН СССР, 1934, т. 1, с. 136.
- Физиология растений и агротехника на новом пути. — Химизация соц. земледелия, 1934, № 1, с. 60.
- О влиянии техники и сроков внесения удобрений на природу растений. — Докл. АН СССР, 1934, т. 1, с. 137.
- Физиологические основы техники применения удобрений. — Химизация соц. земледелия, 1934, № 4/5, с. 13.
- Изучение процессов адсорбции электролитов корневыми системами/ Совм. с И. И. Колосовым. — Тр. ВИУАА, 1935, вып. 8, с. 3.
- Предисловие к статье Е. Г. Мининой «Физиологические основы техники внесения удобрений». — Тр. ВИУАА, 1935, вып. 8, с. 75.
- Physiologische Grundlagen zur Technik der Einbringung von Düngemitteln/ Совм. с Е. Г. Мининой. — Z. Pflanzenernähr., Düng. und Bodenk., 1935, T. *, Bd. 40, s. 1.
- Задачи и перспективы исследований в области изучения осмотических процессов. — Учен. зап. МГУ, 1935, вып. 4, с. 273.
- Диагностирование минерального питания льна по физиологическим признакам/ Совм. с С. С. Баславской, Н. И. Добряковой, Г. А. Богдасарян. — Тр. НИУИФ, 1935, вып. 130, с. 7.
- О методах оценки значения подпахотных земель горизонтов почвенного профиля в питании растений/ Совм. с С. С. Баславской, А. Д. Прозоровской. — Тр. НИУИФ, 1935, вып. 130, с. 57.
- Исследования в области минерального питания растений: Сб. работ/ Под ред. и с предисл. Д. А. Сабина. М.: Изд-во АН СССР, 1935, с. 3. (Тр. НИУИФ; Вып. 130).
- Влияние минерального питания на качество урожая яровой пшеницы. — Тр. Моск. Дома ученых, 1937, вып. 1, с. 57.

- Минеральное питание как фактор формообразования. — Бюл. Моск.-О-ва исп. природы, 1937, т. 46, № 1, с. 67.
- Минеральное питание растений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940.
- Физиология растений в МГУ/ Совм. с В. Н. Шапошниковым. — Учен. зап. МГУ. Биология. Юбил. серия, 1940, вып. 53, с. 305.
- Основы процесса поступления элементов минерального питания и их круговорота в растениях. — В кн.: Тезисы докладов совещания по физиологии растений. М.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 14.
- Новые данные о химизме солянок Туркмении/ Совм. с С. С. Баславской, А. К. Белоусовой, Г. Д. Шоклендер. — Докл. АН СССР, 1942, т. 36, № 2, с. 84.
- Малый практикум по физиологии растений/ Совм. с Баславской, Трубецкой, Потаповым, Тильгор. М.: Изд-во МГУ, 1946.
- О внутривидовой борьбе в искусственных и естественных насаждениях растений. — В кн.: Внутривидовая борьба у животных и растений. М.: Изд-во МГУ, 1948.
- К постановке проблемы «Физиология растительной клетки» на IV Всесоюзном ботаническом съезде. — Бот. журнал, 1948, т. 33, вып. 2, с. 294.
- О значении корневой системы в жизнедеятельности растений. Девятое Тимирязевское чтение. М.: Изд-во АН СССР, 1949.
- Темп роста, возраст и продукция *Cystoseira barbata* в Черном море/ Совм. с Т. В. Щаповой. — Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1954, т. 8, с. 119—146.
- Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 512 с.
- Компоненты нуклеиновых кислот как стимуляторы роста/ Совм. с Л. Я. Полозовой. — Физиология растений, 1957, т. 4, вып. 1, с. 38.
- О ритмичности строения и роста растений. — Бот. журнал, т. 42, вып. 7, с. 991.
- Физиология развития растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 196 с.
- Избранные труды по минеральному питанию растений. М.: Наука, 1971. 512 с.

Переводы Д. А. Сабинаина

- Кэргис Ф.* Передвижение растворенных веществ в растениях/ Пер. с англ. Н. А. Тодорова, О. Ф. Туевой; Ред. и предисл. Д. А. Сабинаина. М.: ИЛ, 1937.
- Штруггер Э.* Практикум по физиологии растительных клеток и тканей/ Пер. с нем. О. М. Трубецкой, С. С. Баславской; Ред. и предисл. Д. А. Сабинаина. М.: Изд-во АН СССР, 1939.
- Рейнер М. С., Нелсон-Джонс В.* Роль микориз в питании деревьев/ Пер. с англ. Д. А. Сабинаина. Ред. и предисл. Е. Н. Мишустина. М.: ИЛ, 1949.
- Стайлс Вальтер.* Микроэлементы в жизни животных и растений/ Пер. с англ. Д. А. Сабинаина; Ред. Н. А. Максимов. М.: ИЛ, 1949.
- Крафтс А., Карриер Х., Стокинс К.* Вода и ее значение в жизни растений/ Пер. с англ. Д. А. Сабинаина; Предисл. Н. А. Максимова. М.: ИЛ, 1951.

Работы о Д. А. Сабинине

- Жолосов И. И., Трубецкова О. М.* Научная деятельность профессора Дмитрия Анатольевича Сабинина. — В кн.: Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 475.
- Трубецкова О. М.* Научная и педагогическая деятельность Дмитрия Анатольевича Сабинина. — Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд-ние биологии, 1955, т. 60, с. 121.
- Жолосов И. И.* Собрание, посвященное 65-летию со дня рождения профессора, доктора биологических наук Д. А. Сабинина. — Физиология растений, 1955, т. 2, вып. 1, с. 95.
- Бобко Е. В.* Памяти Д. А. Сабинина. — Удобрение и урожай, 1956, № 4, с. 52.
- Белоусова А. К., Зайцева М. Г., Заленский О. В., Тюрина М. М., Цельникер Ю. Л.* Дмитрий Анатольевич Сабинин. — Бот. журнал, 1957, т. 42, вып. 7, с. 1121.
- Шконде Э. И.* Значение работ Д. А. Сабинина для агрономии. — Бот. журнал, 1957, т. 42, вып. 7, с. 1129.
- Наугольных В. Н.* Научная деятельность Дмитрия Анатольевича Сабинина в Перми: Сб. работ Пермского отд-ния Всесоюз. бот. о-ва. Пермь: Кн. изд-во, 1959, с. 77.
- Жолкевич В. Н.* Заседание, посвященное 70-летию со дня рождения профессора Д. А. Сабинина. — Физиология растений, 1960, т. 7, вып. 3, с. 381.
- Чайлазян М. Х.* Жизнь и творчество профессора Д. А. Сабинина. — Агрехимия, 1965, № 3, с. 3.
- Чайлазян М. Х.* Жизнь и творчество профессора Д. А. Сабинина. — Физиология растений, 1965, т. 12, вып. 5, с. 761.
- Цельникер Ю. Л.* Заседание, посвященное 75-летию со дня рождения профессора Д. А. Сабинина. — Физиология растений, 1965, т. 12, вып. 5, с. 949.
- Цельникер Ю. Л.* Представления Д. А. Сабинина о росте и развитии растений. — Изв. АН СССР. Сер. биол. наук, 1971, т. 1, № 6, с. 858.

Приложения

Отчет Д. А. Сабина о командировке на Памирскую биологическую станцию, в Памирский ботанический сад и Таджикский филиал АН СССР¹

Мое пребывание в командировке и работа в указанных точках протекала в следующее время: вылетев 2 июля 1946 г. из Москвы, я 5 июля прибыл на Памирскую биостанцию, где находился до 21 июля. С 22 июля до 28 июля я находился в Хороге, в Памирском ботаническом саду и с 28 июля по 3 августа — в Таджикском филиале Академии наук СССР.

Мои впечатления, заключения о работе и предложения по ее дальнейшему направлению я излагаю ниже по каждому из названных трех пунктов моей командировки.

По Памирской биостанции

За время своего существования Памирская биостанция накопила обширный, ценный и интересный материал по вопросу о возможности возделывания на Восточном Памире различных сельскохозяйственных культур. Это направление работ, давшее ряд практических ценных результатов и упрочившее положение станции в первые, наиболее трудные, годы ее существования, в значительной мере можно считать приведшим уже к законченным результатам. Сами условия Восточного Памира, к сожалению, делают весьма ограниченным выбор культур и вариантов агротехники сельскохозяйственных растений и мало способствуют тому, чтобы вопросы высокогорного земледелия стали в дальнейшем ведущей проблемой Памирской биостанции.

Но ознакомление с данными Памирской биостанции по выращиванию растений заставляет признать, что до сих пор остались еще незаконченными изучения особенностей роста и раз-

¹ Поездка Д. А. Сабина на Памир в 1946 г., несомненно, оказала влияние на дальнейшее развитие исследований по физиологии растений в научных учреждениях этого района. Текст отчета автору любезно представил директор Памирского ботанического сада Ю. Юсуфбеков.

вития сельскохозяйственных растений на Восточном Памире. Помимо установления факта возможности получения урожая, перед биологами встает другая, более трудная и интересная задача — изучение особенностей растения как создателя урожая в высокогорных условиях. Структура урожая сельскохозяйственных растений Восточного Памира, т. е. морфологические основы урожайности, здесь, несомненно, иные, чем это имеет место в типичных условиях ее возделывания. Тщательное и углубленное изучение структуры урожая сельскохозяйственных растений Восточного Памира составит интересный вклад в решение проблемы формообразующего действия высокогорных условий, которые, по моему мнению, должны стоять в центре работы обоих биологических опытных учреждений Памира.

Совместно с директором Памирской биостанции О. В. Заленским и сотрудниками Е. Г. Кирилловой и А. Степенко мною разработана программа наблюдений для изучения особенностей структуры урожая сельскохозяйственных растений Восточного Памира.

Математическая обработка данных по росту сельскохозяйственных растений Восточного Памира позволила мне сделать заключение о его чрезвычайно сильно выраженных интересных особенностях... коротко эти особенности можно характеризовать как длительное сохранение растениями на Восточном Памире черт раннего эмбрионального состояния, быстро утрачиваемого при росте растений на низменностях. Это состояние приводит к очень энергичной деятельности образовательных тканей, обильному и раннему ветвлению, возникновению на побегах громадного числа вегетативных и репродуктивных образований.

Изучение физиологических основ этих отличий в росте и формообразовании растений на Восточном Памире представляет выдающийся интерес для решения одной из фундаментальных проблем биологии — проблемы роста...

Вдумчивый анализ данных по росту и формообразованию сельскохозяйственных растений на Восточном Памире приведет к необходимости обстоятельного и полного учета внешних условий, в которых протекает жизнедеятельность этих растений. Эти условия столь своеобразны и они так резко изменяются в зависимости от расстояния, от поверхности почвы, что данные обычных метеорологических наблюдений оказываются совершенно недостаточными. Так, приходится отметить, что в высокогорных районах вообще и в частности на Восточном Памире первостепенное значение как фактора внешней среды приобретает высокое направление и своеобразный состав солнечной радиации.

В программу работ даже метеорологических станций второго разряда не входят наблюдения, характеризующие спектральный состав и напряженность видимых и ультрафиолетовых лучей. Соответствующие наблюдения должны быть включены в программу работ Памирской биостанции, а их проведение обеспечено необходимым оборудованием.

Памирская биостанция является местом, представляющим исключительно благоприятные возможности для изучения важнейшего, но все еще мало изучаемого вопроса о зависимости течения процессов синтеза основных компонентов живой клетки от солнечной радиации, как видимой, так и ультрафиолетовой. Постановка опытов в этом направлении предусмотрена в плане ближайших работ Памирской биостанции. Совместно с О. В. Заленским и сотрудницей Р. М. Рейнус мы обсудили схему и методику их проведения. Но развертывание этих опытов в дальнейшем потребует того систематического изучения режима солнечной радиации на Восточном Памире, о котором говорилось выше.

Очень большую ценность представляют работы Памирской биостанции по водному режиму растений Восточного Памира. Эти работы, в значительной части уже законченные и вполне готовые для публикации в печати, должны быть подкреплены данными, характеризующими течение процессов отдачи и поглощения воды у растений Восточного Памира. В данном направлении понадобятся проявление научной инициативы и изобретательности, ибо существующих методов оценки влажности воздуха и почвы недостаточно для указанных целей.

Вместе с задачей изучения радиационного режима на Восточном Памире установлена и выработка методов учета внешних условий, определяющих ход процессов водообмена в растениях и отражающих различные стороны проблемы изучения экологических условий высокогорных пустынь Центральной Азии и Бадахшана. В порядке разведочных опытов мной совместно с О. В. Заленским был сконструирован и сделан приборчик, позволяющий подойти к учету фактора испаряемости. Если этот прибор окажется при дальнейшем испытании неудовлетворительным, то работникам Памирской биостанции придется или прибегнуть к атометрическим измерениям, или разработать лучший метод.

Чрезвычайно большой интерес представляют наблюдения Памирской биостанции над ростом и возобновлением дикорастущих растений. Исследования в этом направлении важны и для решения чисто практических вопросов с поддержанием и возоб-

новлении естественных пастбищных угодий, и для освещения вопроса о размножении растений в суровых условиях высокогорной пустыни. Проведение более точных наблюдений за этими процессами в настоящее время затруднено из-за отсутствия строго заповедных территорий. Организация заповедника в районе работ станции стала первоочередной задачей, в особенности при росте населения и размахе работ станции, а также при организации центра физических исследований на Памире.

Несмотря на большую техническую изобретательность и умение директора и сотрудников использовать скудные технические ресурсы Памирской биостанции, положение с проведением здесь химико-аналитических работ продолжает оставаться очень тяжелым. Оно незначительно улучшится после завершения постройки нового здания биостанции и физической станции. Однако в условиях оторванности от технически вооруженных центров химических и физиологических исследований Памирская биостанция постоянно будет сталкиваться с непреодолимыми трудностями, если только в ее работе не будут использованы методы микрохимии и экспрессных анализов. Поэтому вооружение Памирской биостанции соответствующими реактивами и аппаратурой является первоочередной задачей.

Географически Памирская биостанция достаточно удалена от других очагов научной работы филиала. Естественно, что в ее деятельности видное место займут вопросы, связанные с изучением своеобразной растительности и физико-географических условий Восточного Памира. Но биостанция должна быть непосредственно связана с работой других точек Таджикского филиала путем включения всех этих учреждений в разработку одной общей темы по единой схеме и методике. Такой темой естественнее всего сделать изучение формообразующего действия высокогорных условий.

По Памирскому ботаническому саду

Памирский ботанический сад, несмотря на краткость своего существования, имеет уже насаждения, представляющие ценный объект для наблюдений, позволяющих сделать ряд интересных выводов общего значения. Эти выводы частью уже опубликованы в статьях директора Ботанического сада А. В. Гурского, но наиболее интересные из них остаются еще неопубликованными. Исследования, проводившиеся А. В. Гурским в Памирском ботаническом саду, касаются особенностей роста, ветвления, цветения и плодоношения растений сада. Кратко итоги этих исследований

могут быть сформулированы так: древесные растения Памирского ботанического сада характеризуются очень интенсивной деятельностью меристематических тканей, что выражается в усиленном и раннем ветвлении, в образовании на побегах громадного числа производных, в раннем вступлении в цветение и плодоношение.

Таким образом, у растений Памирского ботанического сада сказываются те же самые черты ростовых процессов, которые отмечались нами выше у растений Восточного Памира. Правда, эти черты выражены в Хороге слабее, чем на Восточном Памире, но представляют большой интерес, так как проявляются здесь на растениях, встречающихся и в низменных районах Средней Азии, например, на деревьях абрикоса. С другой стороны, на территории, примыкающей к Памирскому ботаническому саду, мы находим и терескен, и виды растений, дающих типичные альпийские подушки, но эти растения района Хорога могут быть связывающим звеном при проведении исследований, в которых будет сопоставляться рост и формообразование растений высокогорных районов и растений низменности. Надо отметить, что, несмотря на все значения проблемы формообразующего действия высокогорных условий, в науке существуют исследования, освещающие этот вопрос в данной обстановке.

Ни известные и в методическом отношении более слабые работы Боннье, ни даже новейшая объемистая книга, опубликованная работниками Стенфордского университета США в 1940 г., не дают возможности объяснить действие высокогорных условий на формообразование у растений. В работе американских авторов проведено изучение реакции большого числа растений на общий комплекс условий различных высот над уровнем моря — в пределах от 15 до 3100 м, но само установление реакции растений на эти условия велось по внешним весьма случайным и неудачно выбранным показателям. Только в разделе о кариологических изменениях растений при культуре их на разных высотах американские ботаники дают материал наблюдений, представляющий более глубокий интерес. В работе по изучению формообразующего действия высокогорных условий на растения, которая, по моему мнению, должна быть начата Памирской биостанцией, Памирским ботаническим садом, Таджикским филиалом АН СССР... по единой программе должны проводиться систематические наблюдения над морфологическими, физиологическими и биохимическими особенностями растений. Если бы удалось осуществить подобную работу хотя бы с 10 видами, то это было бы единственное в мире исследование, ценность которого неуклонно возрастала бы по мере того, как продолжались бы наблюдения...

И внешние условия в указанных точках, и растительные объекты, и состав коллективов учреждений Таджикского филиала АН СССР, и сами системы организации научно-исследовательских учреждений в филиале — все это представляет исключительно благоприятные возможности для проведения исследования, громадное значение которого трудно переоценить. Так как результаты этого труда приобретут ценность только по истечении нескольких лет работы и по неизбежности известное время уйдет на пуск этой грандиозной работы, то надо спешить с ее началом.

Нельзя не признать, сопоставляя впечатления от ознакомления с ботанико-физиологической научной работой учреждений Таджикского филиала АН СССР, что при очень большой ценности работ Памирской биостанции, Памирского ботанического сада и сталинабадских точек эти работы мало связаны друг с другом. Несомненно, участие всех ботанических коллективов в общей большой научной работе значительно поднимает уровень исследований. Вместе с тем разработка большой научной проблемы, имеющей первостепенное теоретическое значение, позволит изжить тот не совсем здоровый дух мелкого практицизма, который в недавнем прошлом мешал должному развертыванию и углублению крупных научных тем в работе некоторых учреждений Таджикского филиала АН СССР.

Благодаря исключительной энергии и ценной научной инициативе директора Памирского ботанического сада А. В. Гурского это учреждение решило ряд важных крупных практических задач: культивирование винограда в районе Хорога, создание плодового питомника и т. д. Внедрение в практику сельского хозяйства Западного Памира достижений Памирского ботанического сада сейчас проводится в основном руками его персонала. Такое положение нельзя признать нормальным, и оно должно быть устранено путем введения в штат соответствующих Райзо особых лиц для инструктажа колхозников при освоении ими достижений Памирского ботанического сада.

Особенно острой нуждой Ботанического сада является крайняя сжатость штата. При обилии растительных объектов, необходимости затрачивать большой труд на присмотр за растениями и организацию ухода за ними проведение научных наблюдений становится чрезвычайно трудным. Между тем при очень интересных результатах, уже определенно наметившихся в работе А. В. Гурского, является чрезвычайно желательным не только продолжать, но и расширять наблюдения над растениями этого учреждения.

Привлечение новых сотрудников к работе Памирского ботанического сада тормозится трудностями жилищно-бытового характера. Поэтому для Ботанического сада задачи постройки жилого дома, получение автомашины и проведение дорог приобретают первоочередное значение.

*По лаборатории физиологии Ботанического института
Таджикского филиала АН СССР
и Варзобской горной Ботанической станции*

Проблемный план лаборатории физиологии на пятилетку является весьма обширным. Он охватывает ряд весьма удаленных друг от друга проблем. Мне представляется, что в интересах придания физиологическим работам большой глубины и целеустремленности, в интересах повышения методического уровня проводимых исследований надо пойти по одному из двух путей: уменьшить число проблем, разрабатываемых лабораторией физиологии или придать подлинно физиологический характер проработке всех проблем, отнесенных к плану лаборатории физиологии.

Нельзя, например, не признать, что в работах по древоводству, проводимых на Варзобской станции филиала, интересными как физиологические исследования являются лишь наблюдения М. И. Матвеева. Я ни в коем случае не хочу умалять значения опытов по горному плодоводству, проводимых В. И. Запрягаевой. Практическая ценность и интерес этих опытов представляется мне несомненными, но ни при их закладке, ни в их настоящем состоянии не было проведено ряда учетов, которые могли бы служить для придания физиологического характера этой работе. Поэтому мне представлялось бы целесообразным уменьшить проблемно-тематический план лаборатории физиологии филиала за счет проблемы древоводства.

Главным образом мне кажется нецелесообразным включение в проблемно-тематический план лаборатории физиологии проблемы повышения урожайности зерновых культур.

Лаборатория физиологии филиала, по моему мнению, на протяжении ближайших пяти лет должна сосредоточить свои силы на разработке физиологии египетского хлопчатника как культуры мало изученной и у нас и за границей, но имеющей первостепенное народнохозяйственное значение.

Выбор именно этого культурного растения как основного объекта опыта и наблюдений этой лаборатории диктуется также

и тем, что по солеустойчивости египетского хлопчатника уже проведены очень интересные работы В. С. Шардаковым. Для раз-
вертывания физиологических исследований в связи с проблемой
урожайности египетского хлопчатника чрезвычайно благоприят-
ные возможности представляет Вахшская почвенно-мелиоративная
станция филиала. К постановке интересно задуманных опытов
по минеральному питанию египетского хлопчатника значительная
подготовительная работа уже проведена Г. Э. Шульцем. Таким
образом, важное крупное направление работ лаборатории физио-
логии обеспечено, чего отнюдь нельзя сказать о исследовании
проблемы урожайности зерновых культур...

Проблема обмена веществ у культурных и дикорастущих
растений Таджикистана должна занять видное место в работах
лаборатории физиологии филиала. Мне кажется, что, в частности,
проводимая Л. Г. Брежетовой в Ботаническом саду работа по
изучению суточного хода накопления аскорбиновой кислоты при
различных метеорологических условиях представляет значитель-
ный интерес. Было бы очень важно сделать в дальнейшем эти
исследования частью крупного коллективного труда, каким мне
представляется для филиала изучение формообразующего действия
высокогорных условий.

Одним из важнейших средств раскрытия физиологических
основ этого действия является изучение обмена веществ, и прежде
всего процессов накопления и траты аскорбиновой кислоты.

Помимо этого, было бы чрезвычайно важно включить изуче-
ние изменений содержания аскорбиновой кислоты в проблему,
значение которой в плане работ лаборатории физиологии я считаю
очень важным. Это — проблема сравнительной физиологии дико-
растущих растений в связи с их эволюцией. Данная проблема
в плане носит не совсем удачный заголовок — «Инвентаризация
дикорастущих форм», но по существу работа, проводимая
Ю. С. Григорьевым и его сотрудниками, является именно иссле-
дованием по сравнительной физиологии. Большую и, может быть,
исключительную ценность этим исследованиям придает продуман-
ный и обоснованный данными систематики выбор форм, слу-
жащих объектом изучения. К сожалению, при проведении срав-
нительно-физиологических исследований выбор объектов или но-
сил случайный характер, или же изучавшиеся формы выбирались
из различных довольно далеко отстоящих друг от друга групп
видов.

Поэтому постановка работы Ю. С. Григорьева является чрез-
вычайно интересной и это направление исследований должно
быть достаточно полно и широко представлено.

Так как Ю. С. Григорьев сосредоточивает свое внимание прежде всего на водном режиме растений, то работы М. И. Матвеева по физиологии водного режима древесных растений могли бы с успехом развиваться по линии проблемы сравнительной физиологии, водного режима древесных растений.

Подводя итоги, я бы полагал, что работы лаборатории физиологии филиала на несколько ближайших лет целесообразно вести лишь по следующим трем направлениям:

1. Изучение формообразующего действия высокогорных условий на растения (совместно с Памирской биостанцией и Памирским ботаническим садом по общей программе исследования).

2. Изучение физиологии египетского хлопчатника (минеральное питание, солеустойчивость, водный режим, рост и развитие).

3. Сравнительные физиологические исследования над водным режимом, обменом веществ (аскорбиновая кислота), ростом и развитием дикорастущих растений Таджикистана.

4/VIII—1946 г.

Профессор Д. Сабинин.

Методы физико-анатомической характеристики изменений меристематических тканей под влиянием внешних условий²

Среди проблем общей биологии видное место занимает вопрос определения пола у раздельнополых организмов. Число работ, посвященных разрешению этой проблемы, очень велико.

Большинство ученых искали причину определения пола во влиянии внешних условий: в изменениях условий влажности, питания, света. С 1900 г. появляются новые течения в этом вопросе—Страсбургер, Корренс, Гольдшмидт стараются вести определение пола на явлениях наследственности, подчиняющейся законам менделирования признаков.

Развитие признаков пола у растений Корренс представляет себе так: самые простые половые отношения среди высших растений встречаются у смешаннополовых листовых и печеночных мхов, как, например, у *Funaria hygrometrica*, споры которой одинаковы, так же как и протонемы, развивавшиеся из них. Обычно на протонеме появляется побег, заканчивающийся антеридием, затем появляются боковые побеги, которые несут на

² Эту работу Сабинин выполнил при участии студентки МГУ Н. Крюковой. В дальнейшем кандидат биологических наук Нина Николаевна Крюкова (1913—1973) являлась сотрудником Института биохимии растений им. А. Н. Баха. — *Примеч. автора.*

конце так называемые архегонии. Следовательно, главный побег дифференцируется как мужской, а боковой — как женский. Различие между этими побегами — фенотипическое. Антеридии и архегонии при своем развитии различно реагируют на условия питания, и на создании тех или иных условий основывается определение пола побегов. Но последовательность, в которой они возникают, заложена наследственно.

Вторую ступень развития половых отношений представляют раздельнополые листовые и печеночные мхи (*Bryum caespitosum*), которые имеют в коробочках споры двух родов: из одних образуются мужские, из других — женские растения. Разделение полов здесь — генотипическое.

Рядом исследователей доказано, что даже у раздельнополых каждый пол содержит в себе зачатки другого пола, но они не развиваются.

Раздельнополость произошла филогенетически таким путем, что в зачатках пола, которые имелись у растений первой степени, прибавилось «нечто», что там отсутствовало. Это «нечто» может быть представлено в виде двух генов, которые Корренс называет реализаторами, а последние действуют так же, как и другие гены, обуславливающие какой-нибудь соматический признак.

На третьей ступени развития половых отношений стоят однодомные цветковые растения и гетероспоровые папоротники. Диплоидная фаза у них — гермафродитна, а гаплоидная (пыльцевые зерна, зародышевый мешок) — раздельнополая. Определение пола идет здесь в диплоидной фазе, когда закладываются пыльники и плодолистки. Когда в гермафродитном цветке происходит определение того, чем станет «меристематический бугорок» — пыльником или плодолистком, то только к этому и сводится в сущности определение пола. Гены обоих полов имеются налицо во всех случаях, и проявление мужских и женских свойств связано только с фенотипическими условиями. У раздельнополых двудомных растений, по Корренсу, определение пола — генотипическое.

Двудомные цветковые растения стоят на высшей ступени развития половых отношений. Редукционное деление (переход их диплоидного в гаплоидную фазу) решает генотипический состав пыльцевых зерен и зародышевых мешков. Только при оплодотворении, при встрече гаплоидных зародышевых клеток решается вопрос о поле будущего растения.

Корренс считает, что раздельнополые растения появились из гермафродитных, об этом говорят филогенетические данные и наличие рудиментарных органов другого пола. Такие рудименты

представляют, по его мнению, остановку в развитии двуполого цветка на более или менее поздней стадии развития. Развитие одних органов и угнетение других происходит без изменения идиоплазмы соответствующей расы; очевидно, какой-то комплекс зачатков делается латентным. Для определения пола важно, что какой-то комплекс зачатков, мужской или женский, будет вызван к полному развитию.

Корренс экспериментально показал, что не только каждый индивид, но и каждая зародышевая клетка содержит признаки обоих полов. Он скрестил *Melandrium album*, имеющие коробочки с прямыми зубцами, с *Melandrium rubrum*, у которых коробочки с закрученными зубцами, а у гибридов получились коробочки со слегка закрученными зубцами. Следовательно, зародышевые клетки *Melandrium*, образовавшиеся на мужском растении, переносят признаки женского растения на гибридные потомки.

На основании опытов по гибридизации двудомных растений с однодомными Корренс пришел к выводу: все половые клетки женского растения имеют одинаковую женскую тенденцию; в то время как половые клетки мужского растения обладают различной тенденцией. Одни клетки имеют мужскую тенденцию, другие женскую. При соединении зародышевых клеток с разной тенденцией образуется гетерогаметный пол, а если происходит соединение клеток с одинаковой тенденцией, то образуется гомогаметный пол. У большинства растений мужской пол — гетерогаметный.

Как указывалось выше, Корренс предположил, что разделение мужских и женских тенденций у двудомных растений происходит при редукционном делении. Эта точка зрения находит себе подтверждение в существовании половых хромосом.

Гольдшмидт для определения пола у животных выдвинул свою теорию — количественно-физиологическую. Ею пользовались главным образом при изучении животных, но в 1929 г. Гольдшмидт высказался о ее приложимости к растениям.

Согласно этой теории, половые факторы представляют определенные количества химических веществ (возможно, что энзимов или гормонов). Эти химические вещества имеются в каждом поле, но в различных количественных соотношениях. От этого соотношения и зависит выражение пола. Причем это выражение пола находится в зависимости от внешних (фенотипических) и внутренних (генотипических) условий. Таким образом, в отличие от теории Корренса, теория Гольдшмидта одной из основ определения пола признает физиолого-химические процессы, что, с нашей точки зрения, уже шаг вперед.

В процессе экспериментальной работы над определением пола у растений исследователями был установлен целый ряд факторов, противоречащих теории Корренса. В ряде случаев удалось найти условия, позволявшие сдвигать соотношение полов у раздельно-полоых двудомных растений. Переходя к обзору этих работ, мы остановимся прежде всего на работах Шаффнера.

Шаффнер показал, что условия влажности питания, света влияют на соотношение полов у растений. Его опыты установили, что обильное питание и влажность почвы благоприятствуют развитию женских индивидов, а на сухой и бедной почве преобладают мужские. Под влиянием укороченного дня у конопля образуются большой процент женских растений. На основе своих наблюдений Шаффнер делает вывод: сексуализация клеток, тканей и органов зависит от химико-электрических явлений, происходящих в протоплазме под влиянием метаболических процессов.

По влиянию длины дня на развитие признаков пола мы встречаем материал у Мак Фи и Мольяра. Последний на основе своих опытов, так же как и Шаффнер, приходит к выводу, что уменьшение освещения вызывает сдвиг пола в женскую сторону. Его микроскопические исследования показали превращение мужских цветков в женские.

Риде своими опытами по влиянию условий питания на пол кукурузы показал, что решающим в определении пола является отношение ассимилятов к зольным веществам. Так, если в растении замедлен приток питательных солей, то в нем происходит задержка в использовании ассимилятов, они накапливаются и способствуют усиленному образованию початков. Автор на основании своих опытов предполагает, что отношение органических веществ к неорганическим влияет на соотношение пола у кукурузы. Факторы, усиливающие ассимиляцию, способствуют образованию женских соцветий, а все факторы, способствующие усвоению солей, увеличивают образование мужских соцветий.

Вопрос о влиянии минерального питания на признаки пола растений подвергался дальнейшему изучению Мининой и Гусевой. Их данные показали, что суровое питание кукурузы азотом вызывало массовое образование початков, между тем как растения, получившие калийное питание по срокам, образовали больше метелок.

Такой сдвиг в развитии половых признаков авторы объясняют тем, что при недостаточном азотном питании задержан синтез белка, в то время как в процессе фотосинтеза идет накопление углеводов. Это обусловило смещение окислительно-вос-

становительной системы растения в сторону восстановительных процессов, что и явилось причиной усиленного образования початков.

При недостаточном калийном питании задерживается синтез углеводов, происходит усиление окислительных процессов, что и обусловило появление большого числа метелок. Данные последних авторов хорошо согласуются с теорией Жуайе-Лаверня, о котором мы будем говорить ниже.

Если коротко подвести итог всей цитированной выше литературы по вопросу о влиянии внешних условий на определение пола, то можем сказать, что физиологическая основа всех применяемых воздействий (свет, питание и т. д.) заключается в изменении направленности биохимических процессов, происходящих в растениях.

Долгое время в науке не было теоретических представлений, связывающих изменение биохимических процессов с определением пола. Работами французского биолога Жуайе-Лаверня, изложенными им в книге «Физико-химия сексуализации», появившейся в 1931 г., была создана стройная теория, позволившая заново подойти к ряду установленных ранее фактов.

Жуайе-Лавернь считает, что хромосомная и гормональная теории определения пола дают лишь частичное решение проблемы. Признаки ядра, с одной стороны, гормональные признаки — с другой, представляют собой лишь вторичное проявление сексуализации, зависящей от физико-химических свойств клеток.

Поэтому, по мнению автора, проявление того или другого пола для данного организма не является чем-то неизбежным, роковым следствием predeterminedного цикла управляемого внутренними факторами, а зависит от условий среды, влияющих на обмен веществ. Разница в обмене веществ мужских и женских организмов доказана целым рядом исследований, и, по Жуайе-Лаверню, эта разница в обмене веществ является первичным признаком пола, которая предшествует и образованию половых гормонов и проявлению половых признаков. Жуайе-Лавернь доказывает, что половые признаки в цитоплазме проявляются раньше, чем в ядре, и поэтому считает, что в сущности половая дифференцировка является цитоплазматической сексуализацией.

Изучение физико-химических признаков клеток мужского и женского организма как у животных, так и у растений позволило ему установить два закона цитоплазматической сексуализации.

Первый закон: высота окислительно-восстановительного потенциала (внутриклеточное pH) есть признак половой дифференцировки цитоплазмы. Клетки, поляризованные в женском направле-

нии, имеют гН ниже, чем клетки, поляризованные в мужском направлении.

Второй закон: разница качества и количественного содержания липоидов и жиров, накапливаемых организмом, является фактором сексуализации цитоплазмы.

Из этих законов следует, что, изменяя среду, мы можем изменить и физико-химические процессы внутри клетки. Понижением внутриклеточного гН, т. е. понижением окислительной способности ткани и увеличением содержания жиров в клетке, мы можем создать условия для поляризации клеток в женском направлении, при этом поляризация клеток в мужском направлении будет задержана.

Такое понижение окислительной способности и увеличение содержания липидов и жиров может наблюдаться в организме при авитаминозе В, когда наблюдается угнетение поляризации клеток в мужском направлении.

Выдвинутое Жуайе-Лавернем предложение о том, что женский организм обладает более восстановительной способностью, чем мужской, находит себе подтверждение в целом ряде исследований. Здесь мы остановимся на работе Вальтера и Лилиенштерн.

Методика, применявшаяся Вальтером и Лилиенштерн, основана на прижизненной окраске клеток конуса нарастания различными красителями, представляющими собой обратимо окислительно-восстановительную систему. В качестве таких красителей были использованы метилен блау, тионин, нейтральрот и др., но более четкую картину с коноплей дает метилен блау в концентрации 0,01 %, которая главным образом и употреблялась авторами. Результаты опытов привели авторов к выводу, что «эмбриональная ткань конуса нарастания конопля биохимически дифференцирована в половом отношении». Мужские конуса в метилен блау в течение 2 мин. окрашиваются в интенсивно синий цвет, женские за этот же промежуток времени приобретают голубую окраску или не окрашиваются вовсе. Метилен блау, проникая в женские конуса, восстанавливается там в лейкосоединение и поэтому обесцвечивается. Реакция на пероксидазу также протекает у мужских и женских конусов различно: мужские конуса при действии реактивов (реакция на пероксидазу) приобретают синюю окраску, женские же не окрашиваются. Срезы через конусы мужских и женских растений, фиксированные предварительным пребыванием в 96° спирту и затем покрашенные метилен блау, друг от друга ничем не отличались: как мужские, так и женские давали одинаковую синюю окраску. Следовательно, восстановительная способность женских конусов утрачивается при фиксации спиртом.

На основании всех этих опытов Вальтер и Лилиенштерн делают вывод, что женским конусам свойственна более высокая восстановительная, мужским же более высокая окислительная способности.

Явления полового диморфизма или установление вторично-половых признаков отмечается в литературе очень часто. В некоторых случаях половой диморфизм очень резок, в других весьма слаб.

Манойловым в 1923—1924 гг. было установлено различие в реакциях вытяжек хлорофилла из мужских и женских растений. При действии определенных реактивов, которые будут указаны ниже, мужские вытяжки обесцвечиваются, женские же оставались окрашенными. Реакция Манойлова подвергалась многократной и тщательной проверке (Грюнберг).

Пользуясь сводкой всех работ по этому вопросу, сделанной Жуайе-Лавернем, можно признать, что в большинстве случаев практические результаты в применении реакции Манойлова оказываются удовлетворительными: в ряде случаев эта реакция позволяла достигать правильного диагностирования от 80 до 90%... Остановимся на сущности этой реакции и ее объяснении.

В реактив № 3, лучший из реактивов Манойлова, входят следующие компоненты: папайотин, марганцовокислый калий, соляная кислота, краситель далия и тиозинамин. При применении этих реактивов происходит окисление окрашенных органических соединений перманганатом в кислой среде. Окисляемые органические вещества находятся как среди компонентов реактива (далия, тиозинамин), так и в испытуемой пробе. Что касается папайотина, участию которого в реакции Манойлов придавал решающее значение, то проверка манойловской реакции рядом исследователей (Шратц) не дала положительных результатов. Папайотин может быть устранен из действующей смеси без какого-то ни было влияния на результат реакции. Это обстоятельство подрывает в корне основное представление Манойлова о механизме диагностирования половых отличий. По его представлениям, папайотин, как протеолитический фермент, отщепляет тот гормон, который существует только в женском организме. Этот гормон будто бы препятствует обесцвечиванию красителей при реакции. Согласно толкованиям Манойлова, все остальные реактивы, собственно, являются только средством обнаружения появления гормона женских клеток и в связи с этим отличного хода окислительных процессов.

Таким образом, диагностическая реакция, по Манойлову, является способом выявления качественного отличия мужских и женских половых клеток и способом определения присутствия особого полового гормона в женских половых клетках. Поэтому установленный различными исследователями факт возможности получить манойловскую реакцию без папайотина имеет большое принципиальное значение: он заставляет признать неправильным основное положение Манойлова.

Согласно результатам изучения механизма манойловской реакции приходится прежде всего констатировать, что она является способом установить не качественное отличие мужских и женских особей, а способом выявления чисто количественных отличий в этих обоих случаях. Это доказывается тем, что при изменении доз и концентраций основных реактивов (т. е. всех, за исключением папайотина) можно изменить результат реакции. В основном при применении манойловской реакции мы встречаемся с различием результатов, обусловленных тем, на какие вещества будет направлено окисляющее действие перманганата. В зависимости от содержания восстановителей во взятой пробе и при известном соотношении количества перманганата и способных окисляться органических веществ может иметь место одна из следующих двух возможностей:

При малом содержании энергичных восстановителей во взятой пробе перманганат не израсходуется полностью на окисление органических веществ, а будет окислять красители, входящие в состав смеси, и она может обесцветиться.

При богатстве взятой пробы восстановителями, такими, как сахар, жиры или другие хорошо окисляющие вещества, перманганата может не хватить даже на окисление органических веществ в пробе или же избыток неизрасходованных на их окисление перманганата будет так мал, что его не хватит на окисление красителей реактива. Поэтому смесь окажется к концу реакции окрашенной.

Первый случай мы имеем при пробах, взятых из мужских органов, второй — из женских.

Объяснение сущности манойловской реакции, которое мы приводили выше, коротко может быть сформулировано так. Манойловская реакция является способом установить богатство пробы, взятой восстановителями. При большем содержании последних мы получаем женскую реакцию, при меньшем — мужскую. Очевидно, что подобный результат не только не противоречит положениям Жуайе-Лаверня, но является их подтверждением.

Реакция для диагностирования пола, предложенная Бернадским, теоретически до сих пор еще не обоснована, химизм ее не ясен, да и проверка ее рядом исследователей не дала положительных результатов.

Исследования Миненкова, Джапаридзе и Кезели показали, что существуют различия активности ферментов в мужских и женских растениях. Активность оксидаз и тирозиназы гораздо выше у женских особей. Вывод, который делают авторы на основе этих данных: женским особям свойственна более высокая окислительная способность, чем мужским, — неправилен. Известно, что окислительные и восстановительные процессы в организме тесно связаны между собой. Поэтому по активности одних окислительных ферментов невозможно судить об окислительно-восстановительных процессах в целом. Вполне возможно, что активность оксидаз в вытяжках женского организма выше, но это еще вовсе не позволяет заключить о сдвиге всей окислительно-восстановительной системы в окислительную сторону. Вполне возможно, что в женском организме редуктазы по своей активности еще сильно превосходят активность соответствующих ферментов мужского организма, чем это установлено для оксидаз. В таком случае, конечно, констатирование повышенной активности оксидаз еще совершенно не говорило бы о сдвиге окислительно-восстановительной системы клетки. Так как определения Миненкова, Джапаридзе и Кезели носили односторонний характер, т. е. относились только к оксидазам, то они не позволяют сделать того вывода, который делают авторы, и, таким образом, эти работы не колеблют обобщения Жуайе-Лаверня.

Установление различий вторичных половых признаков двудомных растений до видимого определения пола имеет большое практическое и теоретическое значение. Во многих случаях определенный пол имеет ряд отличительно важных в хозяйственном отношении признаков. Женские и мужские экземпляры представляют различную хозяйственную ценность. Во многих случаях является также желательным распознавать пол в начале развития, чтобы при культуре молодых организмов уже знать пол взрослого. Примером, иллюстрирующим сказанное, может служить японский тунг (*Aleurites cordata*), имеющий большое хозяйственное значение. Это факультативно двудомное растение. Семена тунга дают масло важное в электро- и авиационной промышленности. В настоящее время (середина 40-х годов. — П. Г.) в субтропиках для культивирования тунга заняты большие пространства. Пол у тунга выявляется только на третий год, поэтому важно уметь различать пол, когда внешне он еще не проявился,

т. е. в первый год развития. Если бы смогли отличить женские растения от мужских, то мы сэкономили бы больше средств. За счет мужских растений в питомниках увеличили бы число женских.

Метод для диагностирования, предложенный за последнее время Вальтером и Лилиенштерн, технически не так уж легко выполним.

В своих исследованиях по вопросу диагностирования пола в качестве показателей сексуализации организма пользовались реакцией на вещества с сульфгидрильной группой и определением изоэлектрической точки тканей растений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Опыт с глутатионом. По данным Жуайе-Лаверья, женский организм богаче восстановленным глутатионом, чем мужской. С другой стороны, исследованиями Вальтера и Лилиенштерн установлено, что женским конусам нарастания конопли свойственна более высокая восстановительная, мужским же — окислительная способность. На основе этих данных мы предположили, что конуса нарастания женских растений конопли должны отличаться от мужских и по содержанию веществ с сульфгидрильной группой.

В своих исследованиях, проводившихся в 1934 г., мы пользовались качественной реакцией на глутатион... В общем вещество, предложенное Жиру, — нитропруссид натрия — дает фиолетовое окрашивание с соединениями, содержащими SH-группы, как, например, с цистеином, с глутатионом и др. Эта окраска является нестойкой, но Жиру удалось при помощи солей цинка сделать окраску устойчивой. При этом несколько изменяется сам тон окраски и она становится красной. Механизм действия солей цинка на эту окраску не ясен. По-видимому, соли цинка образуют довольно устойчивое соединение с нитропруссидом натрия.

Техника производства этой реакции такова:

Срезы через конуса женских и мужских растений конопли готовились бритвой от руки. Срезы сначала погружались на 2 мин в 90%-ный спирт. Из спирта срезы кисточкой переносились в 5%-ный раствор уксуснокислого цинка также на 2 мин, затем быстро обмывались дистиллированной водой и погружались на 4 мин в 6%-ный раствор нитропруссиды натрия, отмывались водой и рассматривались под микроскопом. Всего нами было исследовано 20 женских растений конопли и 20 мужских. Разницы в интенсивности окраски между срезами мужских и жен-

ских конусов нами обнаружено не было. Все конусы были окрашены в красный цвет одинакового тона. Следовательно, метод описанного выше определения глутатиона для диагностики пола конопли недостаточен, чтобы уловить сдвиги окислительно-восстановительной системы в связи с сексуализацией.

Вторым направлением нашего исследования служило сравнительное изучение объектов в отношении изоэлектрических свойств их тканей.

Изоэлектрическая точка тканей растений. Основываясь главным образом на исследованиях Леба и Пишингера, скажем несколько слов об изоэлектрической точке (ИЭТ) протеинов. Протеины относятся к амфолитам. Амфолиты могут отщеплять как водородные, так и гидроксильные ионы и давать соли как с кислотами, так и со щелочами. Амфотерность протеинов зависит от одновременного присутствия в их молекуле карбоксильных (кислых) и аминных (основных) групп. Основной величиной, характеризующей электрохимические свойства всякого амфолита, является его изоэлектрическая точка.

Если через коллоидальный раствор пропустить электрический ток, то заряженные частички передвигаются к одному из полюсов. Уже давно известно, что электрический заряд у дисперсных частиц изменяется с реакцией дисперсной среды; существует такая реакция среды, при которой коллоид, помещенный в электрическое поле, не переносится ни к одному из полюсов, и эту реакцию Гарди назвал изоэлектрической точкой. В изоэлектрической точке коллоид не заряжен, он проявляет максимальную неустойчивость. Для большинства протеинов изоэлектрическая точка лежит при кислой реакции, поэтому в нейтральной среде они являются слабыми кислотами. Роббинс, определяя количество связанных ионов тканями картофельного клубня при различной концентрации водородных ионов, пришел к выводу, что в изоэлектрической точке не только происходит минимум поглощения, но и имеет место равенство поглощения как анионов, так и катионов. Свое последнее предположение Роббинс иллюстрирует кривой, которая показывает, что ткань картофельного клубня в щелочной среде связывает преимущественно катионы, а в кислоте, наоборот, анионы. Понятие об изоэлектрической точке, развитое впервые на коллоидных растворах, впоследствии было перенесено и на биологический субстрат, и здесь также доказали существование изоэлектрической точки клеток и тканей.

Метод электрофореза, являющийся фундаментальным методом, на котором было создано понятие изоэлектрической точки, биологами почти не употребляется: он может быть легко применен

только к изолированным клеткам. Но делались опыты по применению метода электрофореза и к клеткам растительных тканей.

Ямаха и Иши путем катафореза определили изоэлектрическую точку ядра и хлоропластов.

Рубинштейн и Успенская, применяя метод внутритканевого электрофореза, когда сами стенки клеток служат электрофоретической камерой, определили ИЭТ у протопластов лука ниже 3,0 рН. Но значительно большим распространением в физиологии растений пользуется метод определения ИЭТ по окрашиванию тканей.

Работы ряда авторов с несомненностью устанавливают общую закономерность связи адсорбции растительными клетками того или другого красителя с реакциями среды. Кислые и основные красители проникают во все клетки, но это можно наблюдать только в том случае, если реакция внутри клетки является благоприятной для проникания красителя. Кислые красители интенсивно воспринимаются и накапливаются клетками с кислой реакцией, незначительно с нейтральной реакцией и почти совсем не воспринимаются клетками с щелочной реакцией. По отношению к основным красителям имеет место обратное положение.

Леб в 1922 г. отметил значение изоэлектрической точки субстрата как фактора, определяющего способность желатина связывать анионы или катионы. Это привело его к установлению закономерности, проявляющейся в окраске желатина кислыми и основными красителями.

Окрашивание желатины кислыми красителями происходило лишь при кислой реакции среды, и, наоборот, основные красители удерживались лишь в более щелочных растворах. Переломным пунктом в этом отношении является изоэлектрическая точка желатина, отвечающая рН — 4,7.

На основе этих фактов ряд исследователей (Роббинс, Нейлер, Рихтер и др.) разработали методику определения изоэлектрической точки растительных тканей. Величина изоэлектрической точки очень значительно колеблется не только для различных растений, но даже для отдельных тканей растения, что было подтверждено нашими исследователями.

Нейлер, работая с кончиками корней растений гиацинта, гречихи, люпина, гороха, сои, нашел, что положение ИЭТ для них колеблется от 4,3—5,0 рН. Микроскопическое наблюдение показало, что плазма, ядро, ядрышки и хромосомы имеют различную ИЭТ. К сожалению, значение подобных очень детализированных определений Нейлера уменьшается тем, что он работал с мертвым материалом. Мы считаем, что такие фиксаторы, как хромо-

вая и уксусная кислоты, могут изменить истинное положение изоэлектрической точки. Правда, Рихтер утверждает обратное. Он получил одну и ту же величину ИЭТ как у фиксированных, так и у не фиксированных зародышей пшеницы. Рихтер применил определение ИЭТ для диагностики яровизации. Он нашел, что у зародышей яровизированных семян $pH = 8,8$, а у неяровизированных $pH = 4,0$. Таким образом, процесс яровизации смещает ИЭТ белково-липидного комплекса и этот сдвиг может быть уловлен определением ИЭТ.

Данные Тадокоро, приводимые в сводке Иванова, говорят о том, что изоэлектрическая точка белков, входящих в состав женского организма, отличается от белков, имеющих в составе мужского организма животных.

Исходя из этих данных, мы предположили, что ИЭТ белково-липидного комплекса клеток определенной ткани мужского и женского растения должны отличаться друг от друга. Экспериментальное исследование подтвердило правильность этого предположения.

Объектом нашего исследования являлись одно- и двудомные растения: кукуруза «пионерка Севера», огурцы «неросимые», конский боб «0210», конопля «новгород-северская» и конопля «глуховская». Растения выращивались в вегетационных сосудах емкостью 11 кг почвы. Почва для опыта была взята суглинистая, средне-подзолистая с опытного поля Тимирязевской академии. При набивке она была разбавлена на $\frac{1}{3}$ объема кварцевым песком. За время вегетации в сосудах поддерживалась влажность 60% от полной влагоемкости. Во все сосуды было внесено одинаковое удобрение. Азот давался в виде азотнокислого аммония в расчете 0,085 г азота на 1 кг сухой почвы; калий — в виде K_2O , также в расчете 0,085 г калия на 1 кг сухой почвы и фосфор — в виде суперфосфата в расчете 1,13 г на 1 кг сухой почвы.

Методика. Общая процедура опыта заключалась в следующем. Поперечные срезы (через стебель соцветий растений) приготавливались бритвой вручную и помещались в дистиллированную воду, где оставались 5—10 мин. Из воды срезы кисточкой переносились сначала в 0,1%-ный водный раствор эозина (кислый краситель) на 10 мин, где срезы окрашивались в красный цвет, а затем красились 10 мин метиленовым синим 0,1%-ным. После окрашивания избыток красителя отмывался дистиллированной водой. После этой вторичной покраски срезы были окрашены в одинаковый синий цвет. Далее срезы переносились в буферные растворы с различной концентрацией водородных ионов. Буферные растворы приготавливались нами по Мак-Ильвену, они захва-

тывали интервал рН 2,2 до 8,0. Концентрация водородных ионов определялась нами электрометрически. Такое дифференцированное промывание срезов в буферных растворах, длившееся 16—17 час, с одной сменой промывных буферных растворов, приводило к промыванию красного (кислого) красителя в щелочном секторе буферных растворов и, наоборот, синего (основного) красителя в кислом секторе.

В кислых буферных растворах препараты удерживали лишь эозин, а в щелочных — лишь метиленовый синий. Но, как мы и ожидали, в некотором среднем интервале, отвечающем изоэлектрическому пункту белково-липидного комплекса клетки, выявился перелом окрашивания, причем эта переходная зона для срезов через мужские соцветия была несколько иной, чем для срезов через женские.

При первой попытке установить значение ИЭТ по этим данным мы встретились с затруднением, вытекавшим из различия ИЭТ отдельных тканей в срезах, но для нас это затруднение не явилось неожиданным.

На основании литературного материала, цитированного выше, можно заключить, что при детальном подходе к определению ИЭТ различных компонентов даже одной и той же клетки обнаруживается различие изоэлектрической точки. Тем более вероятно встретиться с разницеми значений этой величины на срезах столь сложно дифференцированного образования, каким являются части стебля и соцветий.

Хотя в научной литературе мы не нашли непосредственных указаний на величину ИЭТ различных тканей, но многочисленные данные по рН клеточного сока разных тканей показывают, как велики могут быть отличия актуальной кислотности даже у соседней ткани. Так, согласно работам Пирселя и Пристли, в зоне камбия мы встречаем значительный градиент кислотности между более кислой ксилемой и более щелочной флоэмой. Едва ли можно допустить, что белково-липидные амфолиты клеток в этих тканях обладают одинаковыми изоэлектрическими точками. После нескольких разведочных определений мы остановились на тканях флоэмы, как характеризующих ИЭТ среза. Ниже в нашей работе, где не оговорена ткань, цифры ИЭТ относятся к флоэме. Все приводимые ниже цифровые данные являются средними из нескольких повторений, число которых указано для каждого опыта.

Что касается степени точности полученных нами результатов, то о ней можно судить по следующим данным.

В наших опытах ступени буферных растворов обычно отличались на 0,2 рН. Эти величины ступеней кислотности давали и в наших опытах, как правило, совершенно явственные отличия в окраске срезов около изоэлектрической точки, т. е. если при более низком рН флоэма срезов была окрашена в красный цвет, то в ближайшем к нему растворе в щелочную сторону срез имел синюю окраску. Мы принимали в таких случаях середину интервала соседних ступеней нашей буферной шкалы за ИЭТ объекта.

При сопоставлении друг с другом результатов нескольких повторений мы почти всегда получали одни и те же значения. Лишь в единичных случаях отдельные повторения давали значение ИЭТ, лежавшее в соседнем интервале буферной шкалы. В таких случаях мы рассчитывали среднюю арифметическую ошибку, что позволяет судить о точности наших данных.

Один опыт по определению ИЭТ длился 15—20 час. После непродолжительного периода времени окрашивания и промывания срезы помещались на ночь в буферные смеси, где происходило раскрашивание срезов. В утренние часы, примерно через 15—17 час после погружения срезов в буферные растворы, производился просмотр срезов под микроскопом и устанавливалась величина изоэлектрической точки.

Прежде чем подойти к наиболее важной и интересной части нашей работы — выяснению возможности ранней диагностики пола у двудомных растений по ИЭТ ткани, — мы должны были установить, что сексуализация органов связана с различием ИЭТ.

Это, конечно, было легче сделать, сопоставляя соответственные величины для мужских и женских органов одного и того же организма: таким путем мы обходили трудности, связанные с индивидуальным отличием ИЭТ различных индивидуумов. Поэтому мы начали наши определения с изучения ИЭТ мужских и женских соцветий кукурузы.

Опыт с кукурузой. Объектом исследования в этом опыте служили поперечные срезы через стебель мужских и женских соцветий, растений, находящихся в фазе бутонизации. Срезы красились и переносились в буферные растворы способом, который был описан выше. При микроскопическом наблюдении было обнаружено, что клетки флоэмы метелки при рН — 4,4 были окрашены в красный цвет, а при рН — 5,0 — в синий. Клетки флоэмы початка этого же растения при рН — 5,0 были еще красными, и синяя окраска появилась только при рН — 5,2. Клетки же завязей даже при рН — 5,2 были еще красными, и синяя окраска появилась при рН — 5,6.

Данные этого опыта представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1
Изоэлектрическая точка в тканях кукурузы,
возраст 40 дней

Ткань	Переход границы рН окраски		Среднее рН
	красная	синяя	
Метелка: клетки флоэмы	4,4	5,0	4,7
Початок: клетки флоэмы	5,0	5,2	5,1
Завязь	5,2	5,6	5,4

Приведенные выше данные являются средними из определений. Из табл. 1 видно, что ИЭТ белково-липидного комплекса клеток ткани метелки отличается от клеток ткани початка: в метелке она сдвинута в более кислую сторону.

Следующий опыт был проведен на двудомной конопле. Растения были взяты после бутонизации, когда ясно определялись мужские и женские экземпляры. Через стебель соцветия мужских и женских растений сейчас же под конусом нарастания были произведены поперечные срезы. Методика определения ИЭТ была такая же, как и в опыте с кукурузой.

Т а б л и ц а 2
Изоэлектрическая точка в тканях
мужских и женских растений конопли,
сорт «новгород—северская»

Растения мужские	рН границы красителей		Среднее рН	Растения женские	рН границы красителей		Среднее рН
	красный	синий			красный	синий	
Возраст:				Возраст:			
24 дня	4,48	4,60	4,54	24 дня	4,66	4,93	4,79 ± 0,03
32 дня	4,35	4,50	4,42	32 дня	4,50	4,70	4,60
48 дней	4,50	4,70	4,60	48 дней	5,25	5,60	5,42

Материал табл. 2 говорит о различной изоэлектрической точке тканей мужских и женских растений конопли. Кроме того, эта величина с возрастом не остается одной и той же, а передвигается как в мужских, так и в женских растениях, но во всех возрастах сохраняется различие между мужскими и женскими

экземплярами (данные табл. 2 являются средними из 20 повторений).

Третьим объектом первой части нашего исследования служили огурцы (табл. 3). Здесь срезы производились через цветоножку мужского цветка и плодоножку. Методика определения ИЭТ была такая же, как и в предыдущих опытах.

Т а б л и ц а 3
Изоэлектрическая точка тканей огурцов

Растение	Переход границы рН красителей		Среднее рН
	красный	синий	
Срез через цветоножку	4,30	4,40	4,35
Срез через плодоножку	4,60	4,90	4,75

Данные, приведенные в табл. 3, являются средними из трехкратной повторности, т. е. были взяты три цветоножки и три плодоножки с трех различных растений. Эти данные также говорят о различной изоэлектрической точке клеток флоремы цветоножки мужского цветка и клеток флоремы женского. Имея все эти данные, подтверждающие наше предположение с разницей ИЭТ белково-липидного комплекса и ИЭТ растений, можно было наряду с этим установить, что индивидуальные отличия в величине ИЭТ различных организмов невелики. Дальше мы перешли к вопросу диагностирования пола по ИЭТ на ранней стадии развития.

В основу метода ранней диагностики нами было положено допущение, что специализация двудомных растений наступает гораздо раньше, чем это проявляется морфологически и анатомически. Мы предположили, что и в проростках величина ИЭТ должна варьировать около двух значений: одного более низкого — для мужского и другого более высокого — для женского. Другими словами, вариационная кривая для величины данного признака, построенная по изучению группы индивидуумов, пол которых внешне еще не выявился, должна быть двувершинная. Эта двувершинность может быть более или менее резкой в зависимости от разницы величины выражения данного признака у организмов различных полов, от соотношения полов во взятой нами выборке и от размаха варьирования изучаемого признака в организме полов.

Попытки характеризовать половые отличия организма в том возрасте, когда внешне эти различия ничем не сказываются,

были предприняты для организмов растительного мира Миненковым, для животного — Форей-Фремье, Ремотри. Эти авторы пришли к противоположным выводам.

Неоднократно в литературе отмечалось, что содержание воды в клетках ткани самок выше, чем в тканях самца. Особенно ярко это проявилось в работе Ремотри (1928 г.).

В наших данных были получены одновершинные кривые. Форей-Фремье при определении содержания гликогена по окраске его иодом также получил одновершинную кривую. Этот результат французского исследователя, говорящий как будто бы против возможности проводить раннее диагностирование пола тем методом, которым решили пользоваться мы в наших исследованиях, мог быть обусловлен различными причинами.

Прежде всего можно предположить, что Форей-Фремье выбрал в качестве признаков для ранней диагностики пола такие, которые вовсе не связаны непосредственно с сексуализацией клетки. Но если бы даже это и не имело места, то, как указано выше, необходимо соблюдение известных условий, для того чтобы получить двuverшинные кривые в интересующих нас случаях. Вполне возможно, что эти условия в опытах Форей-Фремье отсутствовали. Следовательно, его неудача еще не является аргументом, заранее обрекающим на неудачу всякую попытку в этом направлении, но она заставляет быть особо осторожным в постановке и выводах соответствующих исследований.

Мы считаем, что наши опыты, приведенные выше по ИЭТ тканей соцветий разного пола, являются достаточно хорошей основой для того, чтобы испытать возможность ранней диагностики пола по вариационным кривым ИЭТ конопли.

Для проведения исследования по ранней диагностике пола брались 6-дневные и 17-дневные проростки конопли. Для каждого из этих возрастов бралось для исследования по 20 растений, и в каждом растении определялось ИЭТ. Методика определения ИЭТ указывалась уже выше. Срезы производились через стебель растения ниже конуса нарастания. Результаты этих опытов представлены в табл. 4 и 5.

Данные табл. 4 и 5 говорят о том, что проростки конопли как в возрасте 7 дней, так и в возрасте 17 дней неодинаковы по своей изоэлектрической точке, кроме того, у 17-дневных эта величина несколько сдвинута в кислую сторону по сравнению с 6-дневными. Если по данным этих таблиц построить вариационную кривую, отложив на абсциссе значения рН, а на ординате частоту встречаемого признака, то мы получаем двuverшинные

Т а б л и ц а 4

Изоэлектрическая точка в тканях конопли
«новгород-северская», возраст 6 дней

Число экземпляров растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	красный	синий	
5	4,40	4,60	4,50
10	4,80	6,16	4,98
1	5,16	5,45	5,30
4	5,45	5,82	5,63

Т а б л и ц а 5

Изоэлектрическая точка в тканях конопли,
сорт «новгород-северская», возраст 17 дней

Число экземпляров растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	красный	синий	
9	4,03	4,25	4,14
1	4,25	4,35	4,30
2	4,35	4,50	4,42
8	4,50	4,70	4,60

кривые. Эти две вершины, по-видимому, соответствуют ИЭТ мужских и женских растений.

На основании этих данных мы можем сказать, что материал наших опытов укрепил нас в перспективности метода ранней диагностики пола по ИЭТ.

Для проверки нашей методики нами были поставлены еще дополнительные опыты с коноплей, сорт «глуховская», и с конскими бобами. Если наши данные верны, то мы предполагали и здесь получить у конопли, как у двудомного растения, двувершинную кривую, а у бобов обоеполого растения — одновершинную кривую.

Вместе с тем мы хотели при повторении опытов с коноплей внести необходимые технические улучшения методики ранней диагностики пола по ИЭТ. Очевидно, что этот метод сможет приобрести широкое практическое значение в том случае, если для определения ИЭТ не нужно будет брать срезы через стебель или конус нарастания, а можно будет ограничиться срезами

через какой-нибудь орган, удаление которого не отразится на растении. Таким органом может служить, например, черешок листа. Поэтому в описываемых ниже опытах мы параллельно вели определения ИЭТ в черешках листа. В этом опыте были высеяны семена конопли и бобов в сосуды и через определенный промежуток времени брались пробы. Результаты этого опыта приведены в табл. 6—11.

Т а б л и ц а 6
Изоэлектрическая точка в тканях конопли,
сорт «глуховская», возраст 10 дней

Флоэма стебля, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас- ный	синий			крас- ный	синий	
2	3,70	4,00	3,85	—	—	—	—
6	4,00	4,20	4,10	5	4,00	4,20	4,10
1	4,30	4,43	4,36	2	4,18	4,29	4,20
5	4,40	4,60	4,50	1	4,15	4,30	4,22
6	4,60	4,82	4,71	4	4,40	4,60	4,50
				8	4,60	4,82	4,71

Т а б л и ц а 7
Изоэлектрическая точка в тканях конопли,
возраст 17 дней

Флоэма стебля, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас- ный	синий			крас- ный	синий	
6	3,70	4,00	3,85	6	3,70	4,00	3,85
5	4,00	4,20	4,10	5	4,70	4,20	4,10
2	4,29	4,40	4,34	2	4,29	4,40	4,34
1	4,40	4,60	4,50	2	4,40	4,60	4,50
6	4,60	4,82	4,71	5	4,60	4,82	4,71

Из таблиц видно, что величина изоэлектрической точки в проростках конопли с 10-, 17-, 24-, 30-дневных до 50-дневных колеблется в основном около двух величин: одной более высокой, другой — менее. Вариационные кривые, построенные для этих величин, везде двуворшинные. Что касается определения ИЭТ

Т а б л и ц а 8

**Изоэлектрическая точка в тканях конопли,
возраст 24 дня**

Флоэма стебля, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас- ный	синий			крас- ный	синий	
3	3,70	4,00	3,85	1	3,50	3,70	3,60
10	4,00	4,20	4,10	1	3,70	4,00	3,85
1	4,20	4,30	4,25	1	4,00	4,20	4,10
1	4,30	4,40	4,35	3	4,20	4,30	4,25
5	4,40	4,60	4,50	4	4,30	4,40	4,35
				6	4,40	4,60	4,50
				4	4,60	4,82	4,71

Т а б л и ц а 9

Изоэлектрическая точка в тканях конопли, возраст 30 дней

Флоэма стебля, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас- ный	синий			крас- ный	синий	
3	3,50	3,70	3,60	—	—	—	—
3	3,70	4,00	3,85	3	3,70	4,00	3,85
3	4,00	4,20	4,10	3	4,00	4,20	4,10
6	4,30	4,42	4,36	3	4,20	4,30	4,25
5	4,42	4,62	4,52	6	4,30	4,42	4,36
				5	4,42	4,62	4,52

Т а б л и ц а 10

**Изоэлектрическая точка
в тканях мужских и женских растений конопли,
возраст 50 дней**

Флоэма стебля, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас- ный	синий			крас- ный	синий	
3	4,20	4,30	4,25	1	4,20	4,30	4,25
7	4,30	4,42	4,36	3	4,42	4,62	4,52
				6	4,60	4,85	4,72

Т а б л и ц а 11

Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас-ный	синий			крас-ный	синий	
3	4,20	4,30	4,25	1	4,30	4,40	4,35
6	4,30	4,40	4,35	3	4,42	4,62	4,52
1	4,60	4,85	4,72	6	4,60	4,85	4,72

в флоэме черешка, то здесь у 10-дневных и 17-дневных проростков она колеблется в основном также около двух величин и идет почти параллельно флоэме стебля. Вариационная кривая для флоэмы черешка здесь также двугорбная. Что касается проростков 24- и 30-дневных, то здесь двугорбности у флоэмы черешка не наблюдается: по-видимому, здесь сказалось то, что были взяты уже черешки взрослых листьев.

Итак, если в опытах с проростками двудомной конопли мы получили несколько значений ИЭТ, в основном варьирующих около двух значений (более низкого и более высокого), то для обоеполого растения, каким в нашем опыте явились конские бобы, мы получили или только одно значение (7- и 10-дневные) или же при варьировании этой величины не было никаких признаков двугорбности.

Исследование над проростками бобов производилось точно так же, как и над проростками конопли. ИЭТ была определена в тканях стебля и в тканях черешка листа растений возраста 7-дневных, 10-дневных и 20-дневных.

Результаты этого исследования приведены в табл. 12—14³.

Т а б л и ц а 12

Изоэлектрическая точка в тканях бобов, возраст 7 дней

Флоэма стеблей, число растений	Граница рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас-ный	синий			крас-ный	синий	
20	4,20	4,40	4,30	20	4,20	4,40	4,30

³ Данные, приведенные в этих таблицах, являются средними из 20 повторений опыта.

Т а б л и ц а 13

Изоэлектрическая точка в тканях бобов, возраст 10 дней

Флоэма стебля, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас- ный	синий			крас- ный	синий	
20	4,20	4,40	4,30	20	4,20	4,40	4,30

Т а б л и ц а 14

Изоэлектрическая точка в тканях бобов, возраст 20 дней

Флоэма стебля, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН	Флоэма черешка, число растений	Границы рН красителей		Среднее рН
	крас- ный	синий			крас- ный	синий	
16	4,2	4,4	4,3	14	4,2	4,4	4,3
1	4,0	4,2	4,1				
3	4,4	4,6	4,5	6	4,4	4,6	4,5

Везде у бобов мы получили почти одно и то же значение как для флоэмы черешка, так и для флоэмы стебля.

Обсуждение результатов. Проводившиеся нами определения ИЭТ тканей соцветий разного пола показали, что мужские и женские соцветия различаются по величине ИЭТ. Соцветия женские имеют ИЭТ выше, чем соцветия мужские. Такое половое различие по ИЭТ проявилось у всех исследованных нами растений, причем индивидуальные отличия в величине ИЭТ отдельных растений были невелики.

В дальнейшем, применяя наш метод определения ИЭТ для ранней диагностики пола, мы получили две величины ИЭТ: одну более высокую, другую — менее. Вариационная кривая, построенная по этим данным, оказалась двугорбной, одна из вершин которой лежала в более, другая в менее щелочной стороне. Такая двугорбность сохранялась на всех возрастах конопли, начиная от 10-дневных проростков и старше, вплоть до 5-, 10-дневных растений, у которых пол был уже выявлен. На основании вышеизложенных результатов мы позволяем себе сделать вывод, что величина ИЭТ является физико-химическим признаком, могущим характеризовать сексуализацию ткани. Более высокая величина ИЭТ, т. е. лежащая при более щелочной реакции, ха-

рактерна для женского пола. Меньшая величина ИЭТ, т. е. лежащая при более кислой реакции характерна для мужского пола.

Что касается самого метода, применявшегося нами, то здесь можно сказать, что сам по себе метод диагностирования организмов по ИЭТ не нов. Он давно и очень широко применяется в биологии, этот прием применялся как чисто эмпирический прием окраски по Граму вне какой-либо связи с изоэлектрическими системами клетки. Только в 1928 г. в работе Стирн было дано объяснение хорошо известного всем микробиологам метода окраски по Граму. Оказалось, что грамположительные микроорганизмы — это микроорганизмы с низкой ИЭТ, грамотрицательные — с высокой ИЭТ. Этиловый алкоголь (с его свойствами слабой кислоты, проявляющимися, например, в образовании алкоголятов) играет роль той кислоты, которая разрушает соединение коллоидов клетки с катионами основного красителя гециан-виолет у клеток с более высокой ИЭТ.

Таким образом, из этого примера можно видеть, насколько надежным и удобным является прием диагностирования по величине ИЭТ. С этой точки зрения ответ на вопрос о перспективности диагностирования по ИЭТ решается положительно. Большую трудность представляет ответ на другой вопрос, насколько можно считать прочным и понятным связь величины ИЭТ с тем основным фактором сексуализации, каким является, согласно Жуайе-Лаверня, окислительно-восстановительные условия.

Затруднения в интерпретации наших данных с точки зрения теории Жуайе-Лаверня зависят от отсутствия данных даже о зависимости между рН и ИЭТ клеток мужских и женских организмов. Между тем есть основания считать, что в клетках соответственная разница может достигать заметных величин. Так, Ямаха и Иши нашли, что рН пластид и ядра клетки всегда несколько выше, чем рН, при котором лежит их ИЭТ.

Ввиду того, что прямых сопоставлений наших результатов с результатами других исследований мы сделать не можем из-за отсутствия литературных работ подобно нашей, то нам кажется, что наиболее близкими и вполне сравнимыми являются данные по электрофорезу половых клеток.

Шредер, исходя в своих исследованиях из того, что мужской пол гетерозиготен (одни спермии «женские», другие «мужские»), поставила опыт по определению заряда спермиев жеребца и кролика путем электрофореза и пришла к выводу, что поведение спермиев в электрическом поле различно. Одни движутся к аноду, другие к катоду. Причем этот заряд отдельных спермиев меняется в зависимости от температуры. Температуры, взятые ею,

слишком далеки от температуры тела животного. Мы здесь остановимся на температуре, которая все же ближе к температуре его тела, а именно на 24°...

При температуре 24—25° женские спермии заряжены более положительно, чем мужские. Правда, при температуре ниже, чем 24°, это положение меняется. Влей, изучая заряд мужских и женских половых клеток, пришел к выводу, что женские половые клетки более электропозитивны. Нам кажется, что если рН женской ткани сдвинута в более щелочную сторону, чем рН ткани мужской, то белково-липидный комплекс женского организма должен быть более электропозитивен, чем мужского.

Известно, что величина и знак заряда амфотерных коллоидов зависят от раствора. Чем кислее раствор, тем больше протеин будет отщеплять в раствор ОН и сам не будет становиться более положительным. Изоэлектрическая точка женской ткани лежит при более щелочной реакции раствора, следовательно, при любом значении она будет иметь больший положительный заряд или меньший отрицательный. Мужская ткань, наоборот, — меньший положительный заряд или больший отрицательный.

ВЫВОДЫ

1. Величина изоэлектрической точки тканей растения является физико-химическим признаком, характеризующим сексуализацию.

2. Более высокая величина ИЭТ, т. е. изоэлектрическая точка, лежащая при более высоком рН, характерна для флоэмы стебля женских растений.

3. Более низкая величина ИЭТ, т. е. ИЭТ, лежащая при более низком рН, характерна для флоэмы стебля мужских растений.

4. Такое различие в изоэлектрических свойствах ткани мужских и женских растений позволяет разработать способ диагностирования пола двудомных растений, когда внешне пол еще не выявлен.

5. Во время вегетационного периода изоэлектрические свойства мужских и женских растений меняются, но везде сохраняется разница величины ИЭТ у мужских и женских растений.

6. Определения ИЭТ, проведенные на флоэме черешков листа, показали, что величина ИЭТ в черенках молодых листьев идет почти параллельно величине ИЭТ стебля, т. е. также варьирует в основном около двух значений. В черешках уже более старых листьев такой параллельности с стеблем не наблюдается.

Содержание

От автора	5
Жизненный путь	7
Учитель и научный руководитель	30
Научная деятельность	39
Изучение брожения и дыхания	39
Почвенная микробиология и физиология симбиоза мотыльковых (бобовых) растений	46
Физиология корневой системы и минеральное питание растений	50
Труды по основам питания растений и Тимирязевское чтение	68
Влияние минерального питания и высоких концентраций солей на ход физиологических процессов в растении	81
Регулирование количества и качества веществ, синтезируемых растением под влиянием минерального питания и других факторов	84
Физиологические основы применения удобрений и научные основы агрономии	87
Исследования по росту и развитию растений	96
Работы по физиологии клетки в связи с процессом роста	107
О внутривидовой борьбе	111
Работы военных лет	113
Физиологические основы продуктивности водорослей	119
Продуктивность использования лучистой энергии донными водорослями	127
Заклучение	136
Основные даты жизни и деятельности Д. А. Сабинина	143
Литература	146
Приложение	150
Отчет Д. А. Сабинина о командировке на Памирскую биологическую станцию, в Памирский ботанический сад и Таджикский филиал АН СССР	150
Методы физиолого-анатомической характеристики изменений меристематических тканей под влиянием внешних условий	158

**Павел Александрович Генкель
Дмитрий Анатольевич Сабинин
(1889—1951)**

*Утверждено к печати
редколлегией серии
научно-биографической литературы АН СССР*

Редактор издательства *В. П. Большаков*
Художественный редактор *И. В. Разина*
Технический редактор *Н. Н. Плохова*
Корректоры *Р. С. Алимova, Г. Г. Петропавловская*

ИБ № 15373

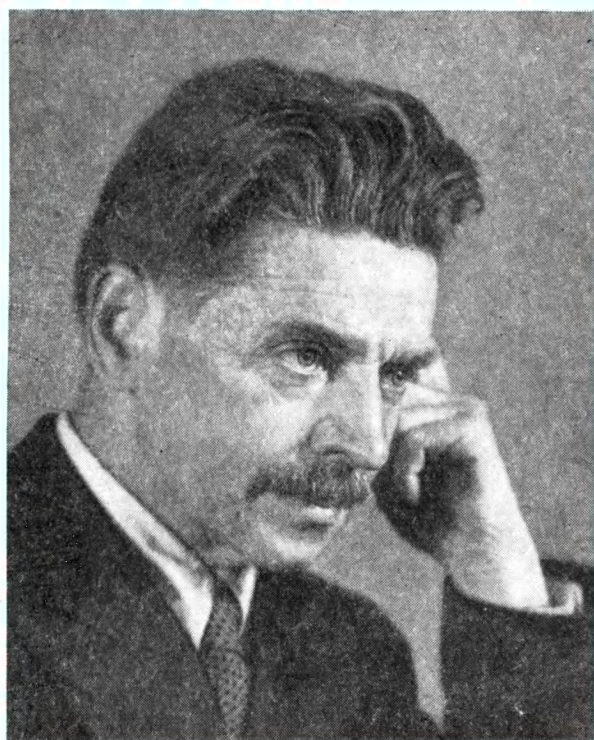
Сдано в набор 19.07.79
Подписано к печати 17.12.79.
Т-22710. Формат 84 × 108¹/₃₂
Бумага типографская № 1
Гарнитура обыкновенная
Печать высокая
Усл. печ. л. 9,66. Уч.-изд. л. 10,2
Тираж 14000 экз. Тип. зак. 534
Цена 40 коп.

Издательство «Наука»
117864 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

Ордена Трудового Красного Знамени
Первая типография издательства «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12

Дмитрий Анатольевич САБИНИН

П. А. Генкель



П. А. Генкель

**Дмитрий Анатольевич
САБИНИН**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ КНИГА:

ПОЛЬ БЕР

(1833—1886).

(Научно-биографическая серия)

1979, 15 л. 1 р. 14 000 экз.

Предлагаемая читателю книга — первая в мировой литературе научная биография Поля Бера, написанная коллективом авторов. Разносторонне одаренный ученый-естествоиспытатель Поль Бер создал новое направление в физиологии — учение о приспособлении животных и человека к изменяющимся условиям пониженного и повышенного давления газовой среды (барофизиологию). Его классический труд «Барометрическое давление» (1878) лег в основу развития подводно-водолазного дела и авиакосмической медицины. В книге рассмотрены все грани научного творчества П. Бера, отражены его энергичная борьба с католической церковью, его роль в общественной жизни Франции и в популяризации научных знаний. Книга рассчитана на биологов, физиологов и врачей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 **Алма-Ата**, 91, ул. Фурманова, 91/97

370005 **Баку**, 5, ул. Джапаридзе, 13

734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95

252030 **Киев**, ул. Пирогова, 4

443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2

197110 **Ленинград**, П-110, Петрозаводская ул., 7а

117192 **Москва**, В-192, Мичуринский проспект, 12

630090 **Новосибирск**, 90, Морской проспект, 22

620151 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137

700029 **Ташкент**, Л-29, ул. К. Маркса, 28

450059 **Уфа**, ул. Р. Зорге, 10

720001 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42

310003 **Харьков**, Уфимский пер., 4/6.