СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ, 2015, том 50, № 6, с. 859-864

Классики мировой науки

УДК 57(092) doi: 10.15389/agrobiology.2015.6.859rus

ПРИОРИТЕТЫ АКАДЕМИКА А.А. ЖУЧЕНКО

А.А. ЖУЧЕНКО (мл.)

Впервые в мировой практике А.А. Жученко провел системный анализ адаптивного потенциала культурных растений, выявил важнейшие особенности и качественно новые механизмы адаптивных реакций в онтогенезе и филогенезе, обосновал и сформулировал основные положения частной генетики растений, экологической генетики культурных растений, эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений и адаптивного растениеводства, стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства.

Ключевые слова: адаптивная система селекции и семеноводства растений, генетические ресурсы, экологическая генетика культивируемых растений, рекомбиногенез, биомониторинг, агроэкология, стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства.

А.А. Жученко, В.А. Котельников, Ю.А. Овчинников и А.П. Александров (Биотрон, Институт экологической генетики АН Молдавской ССР, 1982 год).

25 сентября 2015 года исполнилось 80 лет со дня рождения выдающегося ученого и государственного деятеля России академика Александра Александровича Жученко. Мировое признание получили фундаментальные исследования А.А. Жученко в области генетики культурных растений, рекомбиногенеза, биомониторинга, агроэкологии, селекции, сортоиспытания и семеноводства, стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства и основанная им научная школа по экологической генетике (под его руководством защищены 61 докторская и кандидатская диссертации). Им опубликованы 665 научных работ, включая 25 монографий, высоко оцененных научным сообществом (T. Gichner, 1982; G. Robbelen, 1983; I. Grebenschikov, 1984; В.А. Драгавцев, 2002; В.К. Шумный с соавт., 2004; V. Rich, 1987; Who's Who in the World, 1989-1990; Men of Achievement, 1991) (1-4).

Академику А.А. Жученко принадлежит мировой приоритет в развитии частной генетики культурных растений на основе полученных впервые обширных многолетних экспериментальных данных по комплексным исследованиям рода *Lycopersicon* Tourn., включающим эволюцию, систематику, физиологию, эмбриологию, цитологию, прикладную математику, оценку образцов мировых коллекций по урожайным, морфологическим, физиологическим и цитологическим признакам, создание линий, форм, мутантов, многомаркерных мутантов, сортов, исследование сортовой генеалогии, гетерозисных гибридов, создание методологической базы для определения частоты рекомбинаций, комбинационной способности, построение генетических и цитологических карт, совершенствование вегетационных опытов, систем сортоиспытания и семеноводства, агротехники и др. Монография «Генетика томатов» (1973) стала одной из первых, посвященных частной генетике культурных растений в мировой литературе, впервые раскрыв важнейшие генетические особенности и значение томата как модельного объекта не только общей, но и частной генетики культивируемых видов растений при решении селекционно-семеноводческих и агротехнических задач. По мнению П.М. Жуковского, даже пшеница не удостоилась такой монографии, а декан факультета садоводства Мичиганского университета (США) Д. Карью отметил, что эта книга внесла огромный вклад в науку о растениях (2).

Вторая половина XX века отмечена ростом интереса к экологизации многих биологических дисциплин. Одним из новых направлений, синтезирующим знания по генетике и экологии, стала экологическая генетика (E.B. Ford, 1964). В 1975 году в 4-м (и последнем) издании вышла книга британского биолога E.B. Ford по экологической генетике, в 1974 году — работа немецких генетиков K. Stern и P. Tigerstedt. Однако основные положения этих и других аналогичных публикаций практически не отличались от известных работ по популяционной генетике. Авторы изучали эволюцию и приспособленность естественных попу-

ляций в условиях определенных экосистем. Известный американский биолог и генетик R.C. Lewontin, внесший значительный вклад в разработку математической базы популяционной генетики и теории эволюции, критикуя односторонность подхода возникшей в 1970-х годах школы «экологической генетики» пишет: «В конце концов, недостаточно показать, что жаркое лето благоприятствует бесполосым раковинам, а улитки с желтой раковиной встречаются там, где зима холоднее...» (R.C. Lewontin, 1978). Известные генетики критиковали предпринимавшиеся попытки связать генетику и экологию в научное направление за отсутствие целостности, особо подчеркивая формальный характер объединения и стремление придать научной дисциплине самостоятельный статус без раскрытия фундаментальных основ и механизмов влияния экологических факторов на наследование и изменчивость признаков у высших организмов (I.M. Lerner, 1976 и др.). В 1980 году вышла книга академика А.А. Жученко «Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз)», основанная на обширных данных, полученных на томате, арабидопсисе, кукурузе, пшенице, дрозофиле и др. в созданном им первом в мире Институте экологической генетики, и на обобщении материалов по адаптации, агробиоценологии и экологии. В книге впервые рассматривается адаптивный потенциал культурных растений как функция взаимосвязи генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации, обсуждается устойчивость растений к абиотическим и биотическим стрессам, образование доступной генотипической изменчивости (на примере функционирования рекомбинационной системы). Раскрыты взаимосвязи потенциальной продуктивности и экологической устойчивости на уровне сорта, агроценоза и агроэкосистемы, а также средообразующая роль растений и агроценозов, представлена методология повышения генотипической изменчивости и расширения спектра у растений за счет индуцированного рекомбиногенеза и снижения селективной элиминации рекомбинантов (1-4). I. Grebenscikov в журнале Biologisches Zentralblatt в 1984 году пишет, что сравнение этой монографии с предыдущими публикациями по экологической генетике неуместно, так как в них сельскохозяйственные растения едва представлены. Поэтому книгу А.А. Жученко «...следует рассматривать как обширную, единственную в своем роде, глубоко обоснованную <...>, представляющую особый интерес для растениеводов, которым приходится работать в экстремальных условиях» (2).

Школе академика РАН А.А. Жученко (1979-1987) принадлежит приоритет широкого фундаментального изучения и практического применения дистанционного контроля за растениями. А.А. Жученко впервые сформулировал роль биомониторинга растений на уровне растения, популяции и агроландшафта в изучении адаптации в системе «генотип—среда». Впервые был создан проблемно ориентированный информационно-измерительный комплекс для эколого-генетических и прикладных исследований, разработано приборное оснащение и автоматизация научных экспериментов в биологии, включая аэрофото- и космофотоснимки с одновременным использованием круглосуточных наблюдений за динамикой показателей датчиков, фиксирующих рост, развитие растений, фотосинтез, транспирацию, водопотребление и формирование урожая у разных культур и сортов в фитотронах и на полях (А.А. Жученко с соавт., 1981) (3, 4). Для этих целей Центром автоматизации и метрологии и Институтом экологической генетики АН Молдавской ССР была впервые разработана и введена в эксплуатацию автоматизированная система научных исследований БИОТРОН (АСНИ БИОТРОН). АСНИ БИОТРОН обеспечивал проведение комплексных многопараметрических исследований динамики адаптивных реакций у растений на органном, организменном и популяционном уровнях в контролируемых условиях с автоматизированной обработкой полученной информации на основе специализированных пакетов программ. Исследования проводились под руководством академика А.А. Жученко в Институте экологической генетики и в КБ «Биоприбор» (работы ученых З.И. Зеликовского, Ю.А. Тона, Э.И. Клеймана, Э.И. Бланка и др.), где были созданы первые датчики водного потока, температуры «лист—воздух», прироста, роста плодов и др., что позволяло получать качественно новую информацию об адаптивных реакциях культурных растений в условиях внешней среды, регулируемых целенаправленно. Фитомониторинг стал новой методологией постоянного наблюдения за динамикой морфофизиологических, биохимических и экологических параметров растущего или находящегося в стадии покоя неповрежденного растения в течение длительного времени, позволяющей наиболее точно оценить адаптивность сорта по месту выращивания. Эти методы обеспечивали дистанционное наблюдение за реакциями культуры, сорта, формы и генотипа на изменения факторов внешней среды, критически влияющих на продуктивность (1, 2). Школа академика А.А. Жученко получила высшую оценку Президиума РАН. Президент РАН А.П. Александров, восхищаясь увиденным, сказал, что в Институте экологической генетики реализован главный принцип науки, когда объект исследования

находится рядом с исследователем.

В Институте экологической генетики впервые в мире было показано, что получить надежные сравнительные характеристики проявления и перераспределения адаптивно значимых и хозяйственно ценных количественных признаков у разных видов, сортов, гибридов и форм растений можно только на основе одновременной и многопараметрической регистрации данных в проблемно ориентированных модулях, позволяющих не только регулировать значения температуры, влажности, освещенности и минерального питания в заданных пределах, но и оценить динамику изменения основных адаптивных реакций и их взаимосвязей. Эта научно-экспериментальная база по предложению академика Б.Е. Патона была преобразована во Всесоюзный центр биологических исследований в системе РАН (1-4).

В 1980-е годы научной школой А.А. Жученко впервые была изучена проблема возрастающей цены каждой дополнительной пищевой калории. В книге «Энергетический анализ в сельском хозяйстве» (1983) экспериментально и теоретически показано, что часто увеличение затрат при интенсификации производства — это своеобразная «плата» за разрушение биологического равновесия в агроэкосистемах вследствие генетической однородности культивируемых растений на видовом, популяционном, организменном уровнях и изменения структуры подсистем в агробиоценозе из-за роста количества удобрений и пестицидов. Так, удвоение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур требует 10-кратного увеличения затрат исчерпаемых ресурсов, в том числе минеральных удобрений, пестицидов, средств механизации и др. Если в условиях экстенсивного растениеводства на каждую единицу антропогенной энергии удавалось получать 40-50 пищевых калорий, то при его химико-техногенной интенсификации — лишь 2-4, то есть в 10-20 раз меньше (А.А. Жученко, Э.Ф. Казанцев, В.Н. Афанасьев, 1983) (1-4). В книге проанализирована стратегия обеспечения роста продуктивности агроэкосистем, ориентированная на более эффективную утилизацию естественных энергоресурсов, при которой первостепенное внимание должно уделяться рациональному использованию почвенно-климатических условий в каждой зоне возделывания сельскохозяйственных растений, а также выбору оптимального типа организации агроэкосистемы. При этом наиболее важная и трудная задача селекции и агротехники заключается в преодолении или хотя бы снижении экспоненциального роста затрат исчерпаемых ресурсов энергии на каждую дополнительную единицу урожая, в том числе пищевую калорию. Именно этим обстоятельством определяется парадоксальность сложившейся к началу XXI столетия ситуации в растениеводстве: отрасль, базирующаяся на использовании самых энергоэкономных организмов — пойкилотермных растений, потребляющих неограниченные и экологически безопасные ресурсы (энергия Солнца и CO_2, N, O_2 атмосферы), оказалась в числе наиболее ресурсоэнергорасточительных и природоопасных. В целом каждое последующее превышение уже достигнутого максимума урожайности и валового сбора при использовании даже лучших земель становится энергетически все более дорогостоящим и экологически уязвимым. Причем чем хуже почвенно-климатические и погодные условия, тем выше «цена» дополнительной прибавки урожая и ниже коэффициент использования минеральных удобрений, мелиорантов и других химико-техногенных средств (особенно с увеличением доз применения). Одновременно увеличиваются масштабы загрязнения среды. В этой связи все большее внимание следует уделять способности культивируемых растений более эффективно использовать не только антропогенные ресурсы, но и труднодоступные запасы минеральных веществ и влаги в почве. Заметим, что три химических элемента (С, Н, О) составляют 98,5 % массы живых организмов, а более 95 % сухого вещества растения — по существу, энергия Солнца, аккумулированная в процессе фотосинтеза. Считается, что для синтеза 1 г сухого вещества растения используют в среднем 1,5 г CO_2, получаемого из 2,5 $м^3$ воздуха. Ежегодно синтезируемая биомасса составляет 180-200 млрд т, из которой в качестве сельскохозяйственной продукции используется менее 4 %. То обстоятельство, что в растениеводстве происходит экспоненциальный рост затрат ископаемой энергии на каждую дополнительную единицу урожая, что сопровождается водной и ветровой эрозией земель, разрушением естественных ландшафтов, нарушением водного режима рек, загрязнением окружающей среды остатками пестицидов, нитрозаминами и т.д., противоречит как естественнонаучным законам, так и здравому смыслу. В то же время в энергобалансе формирования урожая даже в наиболее техногенно интенсивных агроэкосистемах на долю энергии Солнца приходится свыше 99 %. Поэтому А.А. Жученко делает вывод, что истинный смысл применения химико-техногенных факторов (удобрений, мелиорантов, пестицидов, орошения и др.) состоит вовсе не в «замене» ими фотосинтеза, дыхания и других свободно протекающих в растениях, почве и агробиогеоценозах процессов, а в управлении (с помощью малых потоков антропогенной энергии) максимальной утилизацией энергии Солнца агрофитоценозами, а также их пищевыми цепями и трофическими

уровнями (А.А. Жученко, 1983, 2010) (4).

А.А. Жученко впервые показал значение эволюционно-генетического, экологического и биоэнергетического подходов, которое особенно велико в формировании агробиоценотической генетики как одного из важнейших разделов экологической генетики культурных растений, так как накопленная информация о генетической природе онтогенетических и филогенетических адаптивных реакций на надорганизменных уровнях (популяционном, биоценотическом, экосистемном, ландшафтном и даже биосферном) достаточно велика. Поэтому неслучайно все большее развитие получают исследования в области аут- и синэкологической генетики популяций, фитоценотической и симбиотической генетики и селекции культивируемых растений (А.А. Жученко, 1980, 2010) (4).

В экологической генетике культурных растений в качестве основного предмета исследований выступает соответствующий адаптивный потенциал культурных растений, рассматриваемый в качестве функции составляющих его генетических программ онтогенетической и филогенетической адаптации, а также эффектов их взаимосвязи. В первую очередь А.А. Жученко обусловливает это двойной природой самого процесса адаптации, достигаемой организмами за счет модификационной и генотипической изменчивости. Заметим, что если еще в XIX столетии проблема адаптации была центральной в биологии и синтетической теории эволюции, то в настоящее время она стала стратегической в экологии, медицине, продовольственной биобезопасности, в космических исследованиях, средоулучшающих технологиях, в экономике, политике и пр. В основу систематизации и анализа огромных массивов информации, накопленных в биологических исследованиях адаптивного потенциала у высших эукариот, в том числе культурных растений, А.А. Жученко положил дискретно-системный подход, позволяющий функционально структурировать систему на составляющие, а затем с помощью анализа особенностей реализации каждого компонента в отдельности, а также их взаимосвязи выявить основные закономерности функционирования адаптивной системы в целом на разных уровнях ее организации (индивидуальном, популяционном, видовом, ценотическом, экосистемном и биосферном).

Фундаментальные исследования А.А. Жученко защищены 24 авторскими свидетельствами и изложены в уникальных монографиях — «Генетика томатов» (1973); «Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз)» (1980); «Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы)» (1988); «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы)» (1990); «Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства» (1994); «Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке» (2000); «Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы)», в двух томах (2001); «Экологическая генетика культурных растений» (2003); «Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика)», в двух томах (2004); «Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика)» (2004); «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика», в трех томах (2008, 2009); «Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика» (2010); «Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии (эколого-генетические основы). Теория и практика» в двух томах (2009, 2011); «Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации» (2012); «Роль мобилизации ресурсов цветковых растений, их идентификации и систематизации в формировании адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов» (2012) и др. (4). В этих монографиях раскрыты эколого-генетические основы адаптивного потенциала культурных растений, выявлены качественно новые эффекты интегрированного функционирования составляющих его генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации, определены приоритетные направления управления адаптивными реакциями в селекции, сортоиспытании и семеноводстве при разработке комплексных селекционно-агротехнических программ, агроэкологическом макро-, мезо- и микрорайонировании сельскохозяйственных территорий, конструировании адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов, использовании интегрированной системы защиты растений, переходе к адаптивно-инновационной стратегии интенсификации растениеводства и сельского хозяйства в целом.

В масштабах мировой науки новизна основных теоретических и практически значимых положений, представленных в монографиях А.А. Жученко, базируется на том, что фундаментальные научные результаты изучения адаптивных реакций и механизмов биоценотической саморегуляции в агроэкосистемах и агроландшафтах, хотя и обобщены в синтетической теории эволюции, биоценологии, экоморфологии, фитогео-

графии и других дисциплинах, в большинстве своем остаются за пределами теории и практики растениеводства. Между тем, именно недостаточная фундаментальная база и естественнонаучная обоснованность развития сельского хозяйства в XX столетии стали главной причиной его глобального кризиса к началу XXI века. Анализ неблагоприятных тенденций в современном мировом и отечественном сельском хозяйстве, выполненный А.А. Жученко, свидетельствует о том, что в их основе лежат нарушения законов и принципов адаптивного управления сложными, биологическими по своей природе экосистемами — агроценозами и агроландшафтами. Рассматривая управление адаптивными реакциями видов и сортов, а также других биотических компонентов агроэкосистем, в качестве основной задачи экологической генетики культурных растений он обосновал целесообразность системного анализа адаптации, рекомбинации и агробиоценоза, то есть проблем, которые традиционно изучались раздельно. А.А. Жученко показал, что именно при таком подходе достижения фундаментальной науки позволят повысить эффективность использования и продукционной и средоулучшающей функции агроландшафтов. На этой основе им сформулированы главные эколого-генетические принципы стратегии адаптивной интенсификации растениеводства. В их числе оптимизация пространственно-временной организации агрофитоценозов, создание сортов и гибридов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с экологической устойчивостью, конструирование агроэкосистем и агроландшафтов на основе эволюционного подхода (увеличение биоразнообразия культивируемых видов, их агроэкологическая специализация, использование механизмов и структур биоценотической саморегуляции), адаптивное во времени и пространстве размещение сельскохозяйственных культур в макро-, мезо- и микрозонах, адаптивное землеустройство, применение адаптивно-интегрированной системы защиты растений, переход к стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства.

Теоретические и практические положения академика А.А. Жученко об адаптивном потенциале культурных растений открывают принципиально новые возможности управления их адаптивными реакциями как в онтогенезе (сортовая агротехника, агроэкологическое макро-, мезо- и микрорайонирование сельскохозяйственной территории, конструирование адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов, адаптивно-интегрированная система защиты растений), так и в филогенезе (адаптивная система селекции, обеспечивающая функциональную взаимосвязь этапов создания сортов и гибридов, их государственного испытания, организации семеноводства, а также развитие качественно новых направлений селекции — биоценотической, биоэнергетической, симбиотической, эдафической, экологической, дизайн-эстетической и др.). Стратегические интересы России в долговременной перспективе при всевозрастающих мировых масштабах использования исчерпаемых ресурсов и загрязнения окружающей среды требуют первостепенного внимания к развитию продовольственной безопасности с учетом санкций и импортозамещения (5).

Число сторонников и единомышленников А.А. Жученко стремительно увеличивается. Многие называли его ученым-агрономом № 1 в России. В 2015 года прошел 19-й День поля на Шатиловской опытной сельскохозяйственной станции Всероссийского НИИ зернобобовых культур. Одним из первых и постоянных организаторов этого мероприятия, ставшего традиционным, был академик А.А. Жученко. Как результат, с каждым годом растет доверие к отечественным сортам, обеспечивающим продовольственную безопасность России. Особое внимание он уделял молодежи, проводя ежегодные «Школы молодых ученых по экологической генетике культурных растений», развитию фонда им. А.Т. Болотова, его доклады и лекции в Тимирязевской академии и РАН всегда собирали полные аудитории, потому что каждое выступление академика А.А. Жученко было насыщено научной новизной. В России и за рубежом его знают и ценят все, кто связан с земледелием, сельским хозяйством, биологией, генетикой, экологией, кому не безразлична судьба России и людей, населяющих планету Земля. Он стал для нас любимым учителем, которым мы восхищаемся, за которым идем, чьи идеи развиваем.

ФГБНУ Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства,
115598 Россия, г. Москва, ул. Загорьевская, 4,
e-mail: ecovilar@mail.ru

Поступила в редакцию 13 августа 2015 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [*Agricultural Biology*], 2015, V. 50, № 6, pp. 859-864

THE PRIORITIES OF ACADEMICIAN A.A. ZHUCHENKO

A.A. Zhuchenko, Jr.

All-Russian Breeding and Technological Institute of Horticulture and Nursery, Federal Agency of Scientific Or-

ganizations, 4, ul. Zagor'evskaya, Moscow, 127422 Russia, e-mail ecovilar@mail.ru
Received August 13, 2015 doi: 10.15389/agrobiology.2015.6.859eng

Abstract

For the first time in the world, A.A. Zhuchenko has carried a system analysis of the adaptive potential in cultivated plants, identified crucial features and qualitatively new mechanisms of adaptive responses of plants during ontogeny and phylogeny, substantiated and formulated the key concepts of plant genetics, ecological genetics of cultivated plants, ecological and genetic foundations of the adaptive system of plant breeding, adaptive crop production, and the strategy for adaptive intensification of agriculture.

Keywords: adaptive system of plant breeding and seed reproduction, genetic resources, ecological genetics of cultivated plants, recombinogenesis, biomonitoring, agroecology, the strategy for adaptive intensification in agriculture.

REFERENCES

1. *Aleksandr Aleksandrovich Zhuchenko* /Sost. E.V. Khizhnyak, M.A. Maslova. Moscow, 1995.
2. *Aleksandr Aleksandrovich Zhuchenko* /Sost. E.V. Khizhnyak, M.A. Maslova. Moscow, 2000.
3. *Aleksandr Aleksandrovich Zhuchenko* /Sost. E.V. Khizhnyak, M.A. Maslova, I.V. Borovskikh. Moscow, 2005.
4. *Aleksandr Aleksandrovich Zhuchenko* /Sost. E.V. Khizhnyak, M.A. Maslova, I.V. Borovskikh. Moscow, 2010.
5. Zhuchenko A.A. *Ekologo-geneticheskie osnovy prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii.* Moscow, 2008.