НИУ БелГУ
BELGOROD STATE UNIVERSITY (BSU)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ (ЖУЧЕНКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ IV)

Часть I

Сборник научных трудов
Международной научно-практической конференции
24–26 сентября 2018 г.

Белгород 2018

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Russian Academy of Sciences

Section of plant growing, plant protection and biotechnology of the Department of agricultural Sciences of RAS

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod National Research University»

All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery (ARHIBAN)

FWRC FPA (Federal State Budget Scientific Institution « Federal Williams Research Centre for Fodder Production and Agroecology»)

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants

Fund them A.T. Bolotov

MODERN PROBLEMS OF ADAPTATION (ZHUCHENKO'S READING IV)

Part I

Collection of Scientific papers of the International Scientific and Practical Conference
September 24–26, 2018

Belgorod 2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская академия наук

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Секция растениеводства, защиты и биотехнологии растений отделения сельскохозяйственных наук РАН

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства»

ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»

Фонд им. А.Т. Болотова

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ (ЖУЧЕНКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ IV)

Часть I

Сборник научных трудов
Международной научно-практической конференции
24–26 сентября 2018 г.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛГОРОД»
НИУ «БелГУ»

Белгород 2018

УДК 581.5:575
ББК 41.28+41.31
С 56

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ» (протокол № 3 от 18.10.2018).

Редакционная коллегия:

отв. ред. *О.Н. Полухин;*

члены редколлегии: *А.А. Жученко, И.В. Спичак, Е.В. Думачева, В.Н. Сорокопудов, О.В. Толстова, В.И. Чернявских*

С 56 Современные проблемы адаптации (Жученковские чтения IV). Часть I: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции 24–26 сентября 2018 г. / отв. ред. О.Н. Полухин. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2018. − 250 с.

ISBN 978-5-9571-2643-0 (Ч. I)
ISBN 978-5-9571-2642-3

Сборник составлен на основе материалов, предоставленных участниками Международной научно-практической конференции «Современные проблемы адаптации» (Жученковские чтения IV), отражающих результаты последних достижений ученых в фундаментальных и прикладных областях современной биологии: технологизации фундаментальных знаний по адаптации, приоритетных направлений биологии и медицины в области адаптации, исследований адаптивного потенциала высших организмов в современном мире. Издание адресовано научным работникам, аспирантам, студентам и специалистам в области биологии, медицины и сельского хозяйства.

Edition comprises the manuscripts which participants of the International scientific-practical conference “Modern Problems of Adaptation” (Zhuchenko’s Reading IV) had provided. Manuscripts reflect the results of the latest achievements of scientists in the fundamental and applied fields of modern biology: technologization of fundamental knowledge on adaptation, priority directions of biology and medicine in the area of adaptation, investigations of adaptive potential of higher organisms in the modern world. Edition is addressed to scientists, graduate students, students and specialists in the field of biology, medicine and agriculture.

УДК 581.5:575
ББК 41.28+41.31

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Проект № 18-016-20023.

ISBN 978-5-9571-2643-0 (Ч. I)
ISBN 978-5-9571-2642-3

© НИУ «БелГУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Памяти академика РАН Александра Александровича Жученко 7

Савченко Е. С. Адаптивно-ландшафтная система земледелия как основа социально-экономического благополучия региона ... 10

Полухин О. Н. Перспективы развития биологической науки в Белгородском государственном университете (*приветственное слово на открытии Жученковских чтений IV*) 20

Беспалова Л. А. Многоуровневая система адаптивной селекции в адаптивном растениеводстве 23

Гончаренко А. А. Перспективы селекции гетерозисных гибридов F_1 озимой ржи на урожайность и качество зерна 35

Грабовец А. И. Коадаптация – один из ведущих генетических механизмов создания новых высокопластичных сортов 45

Драгавцев В. А., Михайленко И. М. Введение в эколого-генетическую теорию селекционных индексов 51

Жученко А. А. - мл. Механизмы адаптации в сельском хозяйстве 62

Корниенко А. В., Скачков С. И., Семенихина Л. В., Мельников Ю. Н. Развитие селекции и семеноводства устойчивых и адаптивных гибридов сахарной свеклы в РФ на 2018–2025 годы 73

Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Современные проблемы адаптации в сельском хозяйстве 81

Прянишников А. И., Каракотов С. Д. К развитию теоретических основ и программных блоков адаптаивной селекции зерновых культур 85

Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Куземкин И. А., Смирнова М. И. Внутривидовое разнообразие льна, фармакологическая и пищевая его ценность 95

Савченко И. В. Вклад А.А. Жученко в эколого-генетические основы продовольственной безопасности России 100

Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Бугрова В. В., Сандухадзе К. Э., Коленков М. А. История научной селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья России: условия, особенности, методы и результаты 106

Санин С. С. Адаптивная защита растений – важнейшее звено современного растениеводства 122

Сидельников Н. И. Повышение адаптивного потенциала и биопродуктивности лекарственных и ароматических растений 144

Соколов М. С., Глинушкин А. П., Торопова Е. Ю. Коэволюция почв агроценозов под действием техногенных и природных факторов (средообразующие и продукционные аспекты) 149

Сорокопудов В. Н., Мячикова Н. И., Куклина А. Г., Жеоржеску Ч. Перспективы использования редких садовых культур как продуцентов биологически активных веществ 159

Сысуев В. А., Рубцова Н. Е. Научные приоритеты осеверения сельскохозяйственного производства 166

Темирбекова С. К., Афанасьева Ю. В., Метлина Г. В., Васильченко С. А., Норов М. С. Адаптивный потенциал и технология выращивания сафлора красильного в различных регионах РФ 172

Упадышев М. Т. Роль Академика РАН А. А. Жученко в развитии защиты растений 185

Харитонов Е. М., Гончарова Ю. К. Селекция риса на адаптивность к недостатку поливной воды как важнейшее направление по увеличению производства риса в РФ 190

Хлесткина Е. К. Генетические ресурсы растений в постгеномную эру 196

Чернявских В. И., Думачева Е. В. Роль ботанического сада Белгородского государственного университета как центра мобилизации генетических ресурсов растений на юге Европейской России 201

Жученко А. А. - мл. Глоссарий терминов и положений по экологической генетике академика А.А. Жученко 209

Фотогалерея 248

CONTENTS

In Memoriam of Academician of the Russian Academy of Sciences Aleksandr Aleksandrovich Zhuchenko 7

Savchenko E. S. Adaptive And Landscape System Of Agriculture As A Basis For Social And Economic Welfare Of The Region 10

Polukhin O. N. Prospects For The Development Of Biological Science In The Belgorod State University (*Welcome speech at the opening of the Zhuchenkovsky Readings IV*) 20

Bespalova L. A. Multilevel Adaptive System Breeding In Adaptive Planting 23

Goncharenko A. A. Prospects Of Breeding Heterosis Hybrids F_1 Of A Winter Rye On Productivity And Quality Of Grain 35

Grabovets A. I. Coadaptation Is One Of The Leading Genetic Mechanisms For The Creation Of New Highly Plastic Varieties ... 45

Drahavtsev V. A., Mikhaylenko I. M. Introduction To The Ecologo-Genetic Theory Of Selection Indices 51

Zhuchenko A. A. - jr. Adaptation Mechanisms In Agriculture 62

Kornienko A. V., Skachkov S. I., Semenihina L. V., Melnikov Y. N. Development Of Selection And Seed-Growingsustainable And Adaptive Hybrids Of Sugar Beet In Russia For 2018-2025 Years 73

Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. Modern Problems Of Adaptation In Agriculture 81

Pryanishnikov A. I., Karakotov S. D. To The Development Of Theoretical Bases And Program Units Adaptive Breeding Of Grain Cultures 85

Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Smirnova M. I., Kysemkin I. A. The Intraspecific Variety Of Flax, Its Pharmacological And Nutritional Value 95

Savchenko I. V. A.A. Zhuchenko’s Contribution to Ecolologo-genetic Bases of Food Security of Russia 100

Sandukhadze B. I., Mamedov R. Z., Bugrova V. V., Sandukhadze K. E., Kolenkov M. A. The History Of Scientific Breeding Of Winter Wheat In The Center Of Non-Chernozem Zone Of Russia: Conditions, Characteristics, Methods, And Results 106

Sanin S. S. Adaptive Protection Of Plants: The Most Important Component Of The Modern Plant Cultivation 122

Sidelnikov N. I. Increasing of Adaptive Potential and Bioproductivity of Medical and Aromatic Plants 144

Sokolov M. S., Glinushkin A. P., Toropova E. Yu. The Agro-Soils Co-Evolution Under The Influence Of Technogenic And Natural Factors (Environment-Forming And Production Aspects) 149

Sorokopudov V. N., Myachikova N. I., Kuklina A. G., Georgescu C. Prospects Of Using Rare Garden Crops As Produce Of Biologically Active Substances 159

Sysuev V. A., Rubtsova N. E. Scientific Priorities Of Farm Production To Northern Conditions 166

Temirbekova S. K., Afanasyeva Yu. V., Metlina G. V., Vasilchenko S. A., Norov M. S. Adaptive Potential And Technology Of Cultivation Of Saflor Painter In Various Regions Of The Russian Federation 172

Upadyshev M. T. The Role Of The Academician Of The Ras Zhuchenko In The Development Of The Plants Protection 185

Kharitonov E. M., Goncharova J. K. Breeding Of Rice For Adaptability To The Shortage Of Irrigation Water As The Most Important Direction Of Work To Increase Rice Production In Russia 190

Khlestkina E.K. Plant Genetic Resources in Post-Genomic Era ... 196

Cherniavskih V. I., Dumacheva E. V. The Role Of The Botanical Garden Of The Belgorod State University As A Center Of Mobilization Of Plant Genetic Resources In South European Russia 201

Zhuchenko A. A. - jr. Glossary Of Basic Terms And Provisions On Envirnmental Genetics Academician A. A. Zhuchenko 209

Photogallery 248

ПАМЯТИ АКАДЕМИКА РАН АЛЕКСАНДРА АЛЕКСАНДРОВИЧА ЖУЧЕНКО

Биотрон института экологической генетики, 1982. Президент АН СССР Анатолий Петрович Александров (первый справа), Президент АН МССР Жученко Александр Александрович (второй слева), Вице-президент АН СССР Овчинников Юрий Анатольевич (второй справа), Вице-президент АН СССР Владимир Александрович Котельников (третий справа)

А. А. Жученко родился 25 сентября 1935 года в г. Ессентуки Ставропольского края. В 1960 году с отличием окончил Высший сельскохозяйственный институт им. В. Коларова (Болгария). В 1960-1966 гг. – управляющий отделением, главный агроном, директор совхоза; 1967–1976 гг. – директор Молдавского НИИ орошаемого земледелия и овощеводства, генеральный директор НПО «Днестр»; 1976–1989 гг. – вице-президент, президент Молдавской академии наук, одновременно (с 1980 г.) – директор Института экологической генетики; с 1979 по 1989 г. избирался депутатом Верховного Совета СССР; 1989–1992 гг. – заместитель председателя Государственного комитета СССР по науке и технике; 1992–2009 гг. – вице-президент Российской академии сельскохозяйственных наук.

Ученым России и зарубежных стран академик А. А. Жученко известен как видный ученый-биолог, генетик, внесший огромный вклад в развитие фундаментальных исследований в области генетики культурных растений и агроэкологии.

Впервые в мировой практике А. А. Жученко провел всесторонний дискретно-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.

Академиком А. А. Жученко опубликовано 665 научных работ и 25 монографий, в том числе: «Генетика томатов»; «Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз)»; «Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы)»; «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы)»; «Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства»; «Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке»; «Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы)»; «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы)», получивших высокую оценку ученых в нашей стране и за рубежом.

По важнейшим направлениям фундаментальных исследований академиком А. А. Жученко созданы научные школы, им подготовлено более 60-ти кандидатов и докторов наук.

А. А. Жученко активно участвовал в научной и общественной жизни, являлся председателем фонда им. А. Т. Болотова, председателем редакционного совета журнала «Сельскохозяйственная биология», членом бюро научного совета РАН по проблемам экологии и чрезвычайным ситуациям, членом редакционного совета журнала «Экологическая генетика», членом Президиума Центрального совета Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС) и вице-президентом ВОГиС, членом редакционного совета журнала «Генетика», членом бюро Отделения растениеводства Россельхозакадемии.

Научные заслуги А. А. Жученко отмечены многими государственными наградами, почетными дипломами и грамотами, он является заслуженным деятелем науки Российской Федерации, награжден орденами Ленина (1966), Октябрьской Революции (1973), тремя орденами Трудового Красного Знамени (1971, 1981, 1985), орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2006), медалями СССР, России и Болгарии, Золотой медалью им. Н. И. Вавилова (1974).

Академик А. А. Жученко внес огромный вклад в развитие отечественной науки. Александр Александрович известен не только как выдающийся ученый в области генетики и агроэкологии, но и как талантливый стратег и организатор научных исследований в области агропромышленного комплекса России.

Широкий кругозор, высокая профессиональная эрудиция, незаурядные организаторские способности, доброта и отзывчивость снискали А. А. Жученко заслуженный авторитет, глубокое уважение ученых и коллег по совместной работе.

(Сельская жизнь, № 22 (23829) от 06.06.2013)

IN MEMORIAM OF ACADEMICIAN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES ALEKSANDR ALEKSANDROVICH ZHUCHENKO

УДК 332.3 (470.325)

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ОСНОВА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ РЕГИОНА

Е. С. Савченко, член-корреспондент РАН,
Губернатор Белгородской области

Резюме: Представлены основные результаты использования адаптивно-ландшафтной системы земледелия на территории Белгородской области. Приведены данные по реализации программ «Зеленая столица», «Внедрение биологической системы земледелия на территории Белгородской области на 2011-2018 гг.», «Кодекса добросовестного землепользователя», а также комплексного проекта по реализации «Концепции бассейнового природопользования в Белгородской области». Итогом многолетней работы становится создание гармоничной окружающей среды, позволяющей добиваться высоких результатов в производстве экологически чистой продукции для массового потребителя, развивать мощный производственный и экспортный потенциал, повышать конкурентоспособность отрасли сельского хозяйства.

Ключевые слова: *Белгородская область, экологическое благополучие территории, адаптивно-ландшафтная система земледелия, агроэкосистемы, экологическая устойчивость территорий, продовольственная безопасность, почвенное плодородие, природные ресурсы*

Позвольте от имени Правительства области и всех белгородцев тепло и сердечно приветствовать вас на нашей благодатной гостеприимной земле и поблагодарить за то, что местом проведения IV Жученковских чтений избрана Белгородская область. Мы искренне рады принимать на своей территории столь авторитетное научное сообщество.

Вы, уважаемые коллеги, основываясь на богатом теоретическом и практическом наследии Александра Александровича Жученко, совместными трудами и усилиями развивая и дополняя его провидческие научные идеи, служите сохранению, приумножению богатого природного и рукотворного разнообразия планеты для

ныне живущих и будущих поколений, сберегаете жизненное пространство и саму жизнь на Земле. Вносите весомый вклад в укрепление продовольственной и экологической безопасности нашей страны и мира, развитие и продвижение идей ноосферных преобразований в науке и жизни.

Мы, белгородцы, творчески подходя к наследию таких великих ученых как Василий Васильевич Докучаев, Владимир Иванович Вернадский, Николай Иванович Вавилов, Александр Александрович Жученко, стремимся в меру сил на практике воплотить многие из их смелых идей.

В Белгородской области проживают более полутора миллионов человек. Сегодня это развитая территория с мощной производственной базой, современной социальной, жилищной и дорожной инфраструктурой, богатым научным, кадровым, историческим и духовно-культурным потенциалом.

Агропромышленный комплекс Белгородчины – один из наиболее мощных и конкурентоспособных сельскохозяйственных производственно-технологических кластеров России. Он соответствует самым высоким мировым стандартам и требованиям экологической и ветеринарной безопасности. Это важнейший сектор региональной экономики, одна из ведущих системообразующих отраслей, формирующих агропродовольственный рынок и экономическую безопасность региона, трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий. Благосостояние и социальное благополучие области напрямую связаны с состоянием дел в отрасли. Более 30% валового регионального продукта создается руками тружеников села.

Аграрии области вносят весомый вклад в обеспечение продовольственной безопасности России. Сегодня Белгородчина, обладая чуть более 1% общероссийской площади пашни и примерно такой же долей населения, производит более 4% (4,03%) валовой сельскохозяйственной продукции РФ. Вклад региона в отечественное индустриальное производство сельхозпродукции ещё выше – почти 6% (5,8%).

По стоимости валовой продукции сельского хозяйства с показателем 240 млрд. рублей регион уверенно занимает 4 место в Российской Федерации после таких обладающих значительно большим ресурсным потенциалом субъектов как Краснодарский край, Ростовская область и Татарстан. При этом вот уже 6 лет Белгородская

область безусловный лидер по эффективности использования пашни. Преодолев в 2012 году планку в 100 тыс. рублей, в 2017 году мы достигли рекордного показателя – каждый гектар пашни обеспечил производство сельхозпродукции на сумму 150,5 тыс. рублей.

Область в соответствии с научно обоснованными нормами, помимо белгородцев, обеспечивает различными видами продовольствия еще от полутора до 34 млн. человек.

Мощный региональный мясной кластер ежегодно производит более 1,6 млн. тонн мяса – это свыше 1 тонны на каждого жителя области и в 5,5 раза больше, чем в 2005 г. Ни один субъект Российской Федерации не достиг пока таких показателей.

Растет производство яиц: в 2017 г. произведено 1 млрд. 660,9 млн. шт. (за 2016 г. – 1 млрд. 583,1 млн. шт.). В производстве молока белгородские производители традиционно третьи в ЦФО. В 2017 г. произведено 593 тыс. тонн молока – на 50 тыс. тонн, или 9%, больше, чем годом ранее.

Около 1/5 общероссийского объема комбикормов производится в Белгородской области: в 2017 г. произведено 4,6 млн. тонн комбикормов.

В 2006 г., приступая к реализации Приоритетного национального проекта «Развитие АПК», мы ставили перед собой более скромные цели и даже помыслить не могли о таких результатах.

За последнее время значительные изменения произошли и в растениеводстве. Если впервые в регионе намолотили более 3 млн. тонн зерна только в 2008 г. – одном из самых благоприятных по погодно-климатическим условиям, а среднегодовой намолот за 5 лет до недавнего времени не превышал 2,4 млн. тонн, то, начиная с 2013 г., область при любых погодных условиях стабильно производит более 3 млн. тонн зерновых культур ежегодно. А рекордные показатели за последние 5 лет обновлялись дважды: в 2014 г. урожай зерновых составил 3 млн. 524 тыс. тонн, а в 2017 г. намолочено 3 млн. 584 тыс. тонн с небывалой урожайностью 48,1 ц/га.

Первые результаты уборочной кампании текущего года позволяют говорить о том, что и нынешний урожай будет выше 3 млн. тонн: только ранних зерновых собрано почти 2,4 млн. тонн.

Два года подряд белгородцы практически выполняют поставленную задачу производить ежегодно около 4 млн. тонн зерновых и зернобобовых культур вместе с соей для обеспечения сырьем региональной комбикормовой промышленности.

Уверены, что эти высокие достижения связаны, в первую очередь, с комплексным подходом к решению вопросов экологического благополучия территории и переходу на принципы адаптивного сельскохозяйственного производства и разумного хозяйствования на земле.

Снижение плодородия пахотных земель, уменьшение их площади, ставшие общемировой тенденцией, не миновали и Белгородскую область. Наш регион так же, как и другие, не избежал процессов эрозии, деградации, снижения продуктивности почв.

Интенсивная обработка, недостаточность оставляемой и вносимой органики, а также отсутствие комплекса лесомелиоративных и агротехнических адаптационных мероприятий при выращивании сельскохозяйственных культур привели к значительным потерям питательных веществ и снижению плодородия наших чернозёмов, тормозя дальнейшее развитие всей растениеводческой отрасли и в целом АПК области.

Усугубляло ситуацию в регионе преобладание агроэкосистем тесно взаимодействующих интенсивно обработанных участков полевых севооборотов с естественной растительностью овражно-балочных комплексов, сильно эродированных техногенных участков, а также участков меловых обнажений.

Возрастание антропогенной нагрузки при чрезвычайной ограниченности ресурсов плодородных земель, природно-климатические изменения, происходящие в последние десятилетия, в том числе и засуха 2010 г., заставили нас пересмотреть парадигму землепользования и приступить к формированию нового, ответственного подхода к хозяйственной деятельности человека. Считаем, что осознание ответственности за состояние окружающей среды, или шире – окружающего мира; бережный подход к землепользованию, максимальное снижение негативного антропогенного воздействия – не только показатель зрелости общества, но и важнейшая задача, стоящая перед органами власти.

Мы придаем основополагающее значение вопросам поддержания экологической устойчивости территории и направляем наши усилия на сохранность и восстановление природных ресурсов, стремясь вписать динамичное развитие экономики области в систему координат естественно-научных законов развития природы и общества. Одно за другим принимаются важнейшие решения, за-

давшие новый вектор развития региона и решающие многие задачи по рациональному природопользованию.

Одной из первых в этом направлении стала программа «Зеленая столица». Реализуется с 2010 г. по трем направлениям: «Озеленение и ландшафтное обустройство», «Рекультивация территорий после техногенного воздействия» и «Сплошное облесение меловых склонов и эрозионно-опасных участков». Её конечная цель – к 2020 г. заложить на территории области не менее 100,3 тыс. га лесных посадок, что позволит в 1,5 раза увеличить площади лесного фонда, существовавшего на начало реализации программы, и достигнуть оптимальной лесистости – 15% от общей территории региона.

На непригодных для ведения хозяйственной деятельности землях области уже заложено 84,4 тыс. га зеленых насаждений.

С программой «Зеленая столица», ставшей общей заботой белгородцев, область, что называется, «попала в десятку». Участвуя в ее реализации, люди приобщаются к общественно значимому делу, демонстрируют образцы неравнодушного отношения к родной земле. Любовь к ней становится действенной, обретает зримые, живые формы. Положительные результаты этого консолидирующего общество проекта ощутят многие поколения белгородцев.

Засуха 2010 г. наглядно продемонстрировала, насколько природа может быть беспощадной к тем, кто не желает считаться с ее законами, бездумно распоряжаясь богатствами, которыми она щедро делится с нами.

В 2011 г. в результате глубокого изучения и широкого обсуждения аграрной теории и практики правительство области совместно с научным сообществом сформулировало и утвердило комплексную программу «Внедрение биологической системы земледелия на территории Белгородской области на 2011-2018 гг.», по сути, приняв стратегию инновационного развития аграрного производства на долгие годы.

Система биологизации земледелия предполагает создание устойчивых агроэкосистем, включающих как существующие естественные (леса, луга, пастбища, болота, реки), так и антропогенные биоценозы, и гармоничное вплетение хозяйственной деятельности человека в природные циклы.

Она предусматривает накопление растительных остатков (т.е. органического вещества) в виде соломы, навоза, сидератов на поверхности почвы, что способствует прекращению эрозионных про-

цессов, лучшему физическому состоянию почв, улучшению их водного баланса. Переход на новые принципы хозяйствования потребовал проведения серьезной организационной, административной, разъяснительной работы, выстраивания системы внедрения и контроля выполнения программы.

Утвержден и, начиная с 2011 г., регулярно проводится комплексный мониторинг принятых целевых индикаторов управления ресурсами биологизации в разрезе административных районов и сельхозпроизводителей.

В соответствии с программой разработано и в начале 2014 г. утверждено «Положение о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв», где изложены основные правила рационального землепользования и закреплены обязанности хозяйствующих субъектов по сохранению и воспроизводству почв.

Создан и, начиная с 2014 года, успешно применяется механизм экономической заинтересованности и стимулирования участия в программе. Выстроена четкая вертикаль администрирования программы: контроля и мониторинга деятельности хозяйствующих субъектов на сельскохозяйственных землях региона.

В январе 2015 г. утвержден «Кодекс добросовестного землепользователя», закрепляющий четкие правила организации землепользования и его экономической эффективности. В рамках действующего законодательства налажено администрирование его исполнения и определены размеры договорных санкций за выявленные нарушение. Инспектора ООО «Белгородский земельный фонд», работающие в каждом муниципальном образовании области, проводят регулярные проверки исполнения как проектов адаптивно-ландшафтной системы земледелия, так и положений Кодекса.

Передовые сельхозпредприятия области, активно включившись в программу, на практике доказали, что она работает и на восстановление плодородия, и на повышение урожаев, и на их стабильность при значительном снижении затрат и повышении рентабельности производства. Поэтому белгородские землепользователи в подавляющем большинстве – убежденные сторонники программы.

Белгородская область – первый и пока единственный субъект Федерации, который не только приступил к решению сложнейшей

задачи – системному восстановлению плодородия сельскохозяйственных почв, но и получил первые обнадеживающие результаты.

Склоновые земли с уклоном более 5 0 – более 60 тысяч га – выведены из оборота и законсервированы.

Выполняются основные положения программы по севу многолетних трав и их участию в формировании положительного баланса органического вещества. Для склонов с уклоном 3-50 введено ограничение на использование, на этих землях в севооборотах соблюдается рекомендуемая доля многолетних, в том числе медоносных трав, в пределах 20% занимаемой площади.

Обеспечено производство семян многолетних трав, сидеральных и медоносных культур в ассортименте и объемах, необходимых для реализации Программы.

Увеличиваются площади сева сидеральных культур.

Полностью залужены все ложбины и водотоки.

Площади применения технологии нулевой обработки почвы выросли с 10% до 28% площади пашни, а значит, на таких участках почвенные процессы приближаются к естественным. Таким образом, поставлен надежный заслон на пути водной и ветровой эрозии, что оказало позитивное влияние как на почвенное плодородие, так и на чистоту водоемов.

Практически все пожнивно-корневые остатки основных культур теперь остаются в полях.

Обеспечен бездефицитный баланс гумуса, и на каждый гектар пашни возвращается в среднем более 6 тонн органического вещества, в том числе и за счет внесения органических удобрений, которые значительно потеснили минеральные.

Завершен основной цикл раскисления почв, намеченных к известкованию. За 2011-2017 гг. мелиоранты внесены почти на 450 тысячах гектаров сильно-, средне- и слабокислых почв. Что в свою очередь повысило эффективность использования важнейших ресурсов производства.

Сегодня химическая мелиорация применяется уже в качестве профилактики.

И, наконец, все предприятия АПК организуют свою деятельность на основании как системы земледелия и внутрихозяйственного землеустройства, так и проектов адаптивно-ландшафтной системы земледелия. При этом более двух третей, почти 70% (66%) посевной площади области, охвачены проектами АЛСЗ (986 334 га).

Эти документы служат не только обязательным практическим руководством в организации деятельности хозяйствующего субъекта, но и эффективным инструментом контроля.

Опираясь на данные лабораторных исследований ЦАС «Белгородский», можно определенно сказать, что деградация большинства почв, используемых в сельхозпроизводстве региона, остановлена, просматривается устойчивая тенденция восстановления их плодородия. Что особенно важно, – убедительно подтверждено на практике, что все позитивные изменения в почвообразовании могут происходить без снижения, более того – с повышением устойчивости и результативности растениеводства: растет урожайность основных культур, повышается эффективность и рентабельность отрасли.

Приступая к реализации программы биологизации, мы ставили перед собой задачу превратить каждого землепашца в земледельца и практически добились этого. Сегодня все землепользователи области пришли к пониманию безальтернативности избранного пути, поскольку финансовая, экономическая состоятельность предприятия не только не противоречит важнейшей социально-экологической задаче – воспроизводству плодородия, – но и неразрывно связана с ней.

Подводя итог, можно сказать, что мы в ходе оптимизации режимов и балансов прихода, отчуждения минеральных и органических веществ пришли к пониманию взаимосвязи почвенных процессов и, как показывают результаты объективных обследований, возможности управлять ими. За истекший период мы определились с основными критериями и отработали научно обоснованную систему оценки почвенного плодородия применительно к практике земледелия. Накопленный опыт и полученные в ходе реализации Программы знания позволили нам продвинуться в понимании характера и факторов почвенного развития, и сегодня мы готовы приступить к расширенному воспроизводству почвенного плодородия.

Программа получила свое информационное развитие: внедряется цифровая система учета и управления землями сельскохозяйственного назначения – так называемая ГИС – геоинформационная система. При помощи беспилотных авиационных систем создаются сверхточные электронные карты пахотных земель и паспорта полей, ведется работа по разработке проектов адаптивно-ландшафтного земледелия для всех хозяйствующих субъектов об-

ласти. Обновленная мониторинговая система выступит в качестве инструмента контроля и принятия управленческих решений по эффективности использования пашни, реализации основных мероприятий программы биологизации земледелия, консультационно-методологической помощи, а также экологической составляющей землепользования.

С этой целью разработан и используется ряд электронных продуктов, которые позволяют шире внедрять программы точного земледелия и в режиме on-line контролировать применение минеральных и органических удобрений, соблюдение норм их внесения, динамику накопления сухого органического вещества в области и целый ряд других важнейших параметров.

И наконец, наиболее масштабным и комплексным проектом, вобравшим в себя весь предыдущий опыт реализации экологически обоснованных программ, объединившим их в единое целое, стала Концепция бассейнового природопользования в Белгородской области, утвержденная в феврале 2012 г. В соответствии с ней природопользование в регионе строится на принципах полноты использования природных ресурсов с поддержкой механизмов их воспроизводства. Внедрение бассейнового принципа управления, т.е. удовлетворение потребностей населения и производства в природных ресурсах при сохранении естественного или близкого к нему состояния природной среды, – необходимое условие устойчивости экологической ситуации в регионе и главное направление развития экономики области. Поэтому создание природно-хозяйственных систем сопровождается поиском оптимальных сценариев природопользования.

Итоги многолетней работы по формированию современного жизненного пространства, созданию гармоничной окружающей среды – важнейшее достижение Белгородчины сегодняшнего дня, позволяющее добиваться высоких результатов в производстве экологически чистой продукции для массового потребителя, развивать мощный производственный и экспортный потенциал и повышать конкурентоспособность отрасли.

Но это также и заданный тренд в дальнейшем продвижении к цели – реализации планов по формированию пространства, соответствующего понятию «Белгородская область – рукотворный парк». И достижимость этой цели зависит, прежде всего, от наших усилий и желания приблизиться к ней.

Как верно сказал Бернард Шоу: «Мы научились летать в небе, как птицы, мы научились плавать под водой, как рыбы. Осталось теперь научиться жить на земле, как люди».

ADAPTIVE AND LANDSCAPE SYSTEM OF AGRICULTURE AS A BASIS FOR SOCIAL AND ECONOMIC WELFARE OF THE REGION

E. S. Savchenko

Summary: The main results of the use of the adaptive-landscape system of agriculture in the Belgorod region are presented. The data on the implementation of the Green Capital, the implementation of the biological system of agriculture in the Belgorod region for 2011-2018, the Code of a bona fide land user, as well as a comprehensive project on the implementation of the Basin Environmental Management Concept in the Belgorod region are given. The result of many years of work is the creation of a harmonious environment that allows us to achieve high results in the production of environmentally friendly products for the mass consumer, develop a powerful production and export potential, and increase the competitiveness of the agricultural sector.

Key words: *Belgorod region, ecological well-being of the territory, adaptive-landscape farming system, agroecosystems, ecological sustainability of territories, food security, soil fertility, natural resources*

УДК 57:378(470.325)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ В БЕЛГОРОДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

(приветственное слово на открытии Жученковских чтений IV)

О. Н. Полухин, доктор политических наук, профессор, ректор,
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород

Белгородский государственный национальный исследовательский университет основан 26 сентября 1876 года, и это символично, что знаковый научный форум – Жученковские чтения IV – открывается накануне празднования Дня рождения НИУ «БелГУ» – в день рождения академика Александра Александровича Жученко.

Созданный как один из пяти первых учительских институтов в России, университет прошёл путь от уездного педагогического учреждения до национального исследовательского университета. Этот статус мы получили в 2010 году – единственные в ЦФО, за исключением вузов Москвы – и с этого времени работаем по утверждённой Министерством образования и науки РФ программе развития БелГУ как национального исследовательского университета. Сегодня НИУ «БелГУ» входит в 20-ку лучших вузов страны, занимает прочные позиции в российском и международном научно-образовательном пространстве.

У нас обучается порядка 24 тысяч студентов, в том числе около трёх тысяч иностранных студентов из 91 страны мира. В вузе работают около 300 докторов наук и 800 – кандидатов наук, 14 академиков и членов-корреспондентов РАН.

Как исследовательский университет мы определили для себя шесть основных направлений научно-исследовательской деятельности или, как мы их называем, центров превосходства. В их числе «Фармакология живых систем», «Биотехнические и роботизированные комплексы, системы передачи информации», «Клеточные и генетические исследования», «Природные ресурсы. Экологические системы. Биотехнологии». Для работы по этим направлениям создана, по оценке специалистов, очень хорошая материально-техническая база, позволяющая проводить как прикладные, так и

фундаментальные исследования. Всего у нас действует 55 научно-исследовательских центров и лабораторий, в том числе 5 – международных.

На базе этих подразделений мы запустили десятки крупных проектов, в том числе и по той проблематике, которую вы начали рассматривать на своём заседании. Многие проекты запущены по инициативе председателя наблюдательного совета НИУ «БелГУ» – Губернатора области Евгения Степановича Савченко и реализуются под его руководством.

Наши учёные занимаются изучением адаптации живых организмов, селекции растений, животных, микроорганизмов, физиологической адаптации человека. Эти исследования, главным образом, сосредоточены в институте фармации, химии и биологии. На кафедре биотехнологии и микробиологии под руководством доктора биологических наук Ирины Витальевны Батлуцкой ведутся работы по освоению современных методов селекции сахарной свёклы, картофеля, плодовых культур.

Под руководством доктора сельскохозяйственных наук Владимира Ивановича Чернявских и доктора биологических наук Елены Владимировны Думачевой учеными кафедры биологии и Ботанического сада университета заложены генетические коллекции важнейших сельскохозяйственных культур, получены хорошие результаты по адаптивной селекции бобовых и злаковых трав, медоносных и лекарственных культур. Созданы 11 сортов однолетних и многолетних трав, ещё 10 сортов находятся в Государственном сортоиспытании.

Научной базой селекционной работы с растениями является также Научно-образовательный центр «Ботанический сад НИУ «БелГУ». Учеными сада заложена уникальная генетическая коллекция сирени и проводится селекционная работа с этой и другими культурами. По инициативе Губернатора области Е.С. Савченко заложен сирингарий и реализуется программа «Белгородская сирень». Согласно этой программе, через пять лет у нас будет крупнейшая в стране коллекция сортов сирени.

Активно работает «Центр геномной селекции» под руководством д.б.н., профессора кафедры биологии Эдуарда Анатольевича Снегина. Результатом совместного проекта учёных БелГУ и группы компаний «Агро-Белогорье» должно стать внедрение в аграрный сектор экономики Белгородской области и всей страны молекуляр-

но-генетических технологий по ускоренной селекционно-племенной работе в животноводстве, растениеводстве и микробиологическом производстве. Есть основания полагать, что этот проект в ближайшее время может получить поддержку на уровне правительства страны.

Уважаемые коллеги, я надеюсь, что эта встреча позволит нашим учёным установить более тесные контакты с Российской академией наук и заложить основы дальнейшего сотрудничества. Проведение такого масштабного научного форума будет способствовать развитию научной мысли и в нашем университете. Само общение с учёными такого уровня, обмен опытом научной и методической работы – это подарок студентам и преподавателям вуза и новые возможности для научного сообщества университета в области изучения проблем адаптации.

Желаю вам плодотворной работы и прекрасного настроения!

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF BIOLOGICAL SCIENCE IN THE BELGOROD STATE UNIVERSITY (Welcome speech at the opening of the Zhuchenkovsky Readings IV)

O. N. Polukhin

УДК 633.11:631.526.32:631.5

МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ В АДАПТИВНОМ РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Л. А. Беспалова, академик РАН,
ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», г. Краснодар

В последние двадцать лет краснодарская селекция еще в большей степени, чем ранее строится на адаптивных принципах, которые изложены в монографиях академика Александра Александровича Жученко [1-6]. Они заключаются в:

- мобилизации адаптивного потенциала растений на основе их сохранения, сбора и вовлечения в селекционный процесс, а также введения в культуру новых видов и экотипов растений;
- тесной взаимосвязи этапов мобилизации мировых растительных ресурсов, селекции, государственного сортоиспытания и системы семеноводства;
- создании многоэшелонированного набора сортов и культур-взаимострахователей, обеспечивающих адаптацию агроценозов к разнообразным почвенно-климатическим условиям, «капризам» погоды и рынка, разному уровню техногенной оснащенности и дотационной защищенности хозяйств;
- преадаптивности селекции к возможным краткосрочным и долговременным изменениям климата в глобальном и региональном масштабе.

Спрос на продукты питания к концу первой половины XXI века вероятнее всего удвоится. Предпосылками к этому являются, с одной стороны, рост населения на 40-50%, с другой стороны, рост благосостояния во многих странах мира, в первую очередь развивающихся.

В некоторых регионах мира, в т.ч. у нас, в России, еще существует возможность ввода в сельскохозяйственное производство неиспользуемых до сих пор площадей. Однако экономически целесообразно увеличивать производство сельскохозяйственной продукции за счёт роста урожаев с единицы площади, развивать интенсивное производство на развитых территориях. Главным фактором увеличения урожайности является селекция, создание и быстрое

внедрение в производство новых сортов и гибридов. Принципиально новые архитектуры растений, агроценозов активизируют развитие новых сортовых технологий. Именно параллельное развитие селекционно-генетических и агротехнологических исследований приводит к крупным успехам в сельском хозяйстве.

Северокавказский (6) регион – один из главных озимопшеничных регионов России. Посевные площади этой культуры достигают более 5 млн. га. В Краснодарском крае озимая пшеница занимает около полутора миллиона гектаров, валовые сборы зерна в 2018 году превысили 9.2 млн. тонн, урожайность составила 6.41 т с 1га (табл.1).

Таблица 1

Урожайность озимой мягкой пшеницы
в Краснодарском крае, 2018 г.

Регион, хозяйство	Уборочная площадь, тыс. га	Валовый сбор, тыс. т.	Урожайность, ц с 1 га
Среднее по краю	1447,7	9150	64,1
Тбилисский р-н	30,7	222,8	74,0
Новокубанский р-н,	52,2	367,6	72,8
в т.ч. ООО КХ «Участие»	4,28	35,38	83,0
Тихорецкий р-н,	57,9	381,4	65,8
в т.ч. ЗАО «Родник»	3,37	26,27	77,4
Ленинградский р-н	50,5	342,9	67,9

Максимальная урожайность была получена в 2017 году и составила 6.49 т/га. Это рекорд урожайности за всю историю земледелия на Кубани (рис.1).

В сравнении с 1953 годом урожайность увеличилась почти в четыре раза, ежегодно она возрастала на 4,4%. По крайней мере, половина этой прибавки обеспечила наша селекция. Практически все посевные площади заняты сортами селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко». Они также широко возделываются в краях, областях и Республиках Северного Кавказа, в ЦЧО, Нижнем Поволжье, в странах Закавказья и Центральной Азии, в Турции, Украине, Молдове [8-11].

Рост урожаев и широкое распространение сортов в производстве – результат нескольких слагающих многоуровневой системы адаптации.

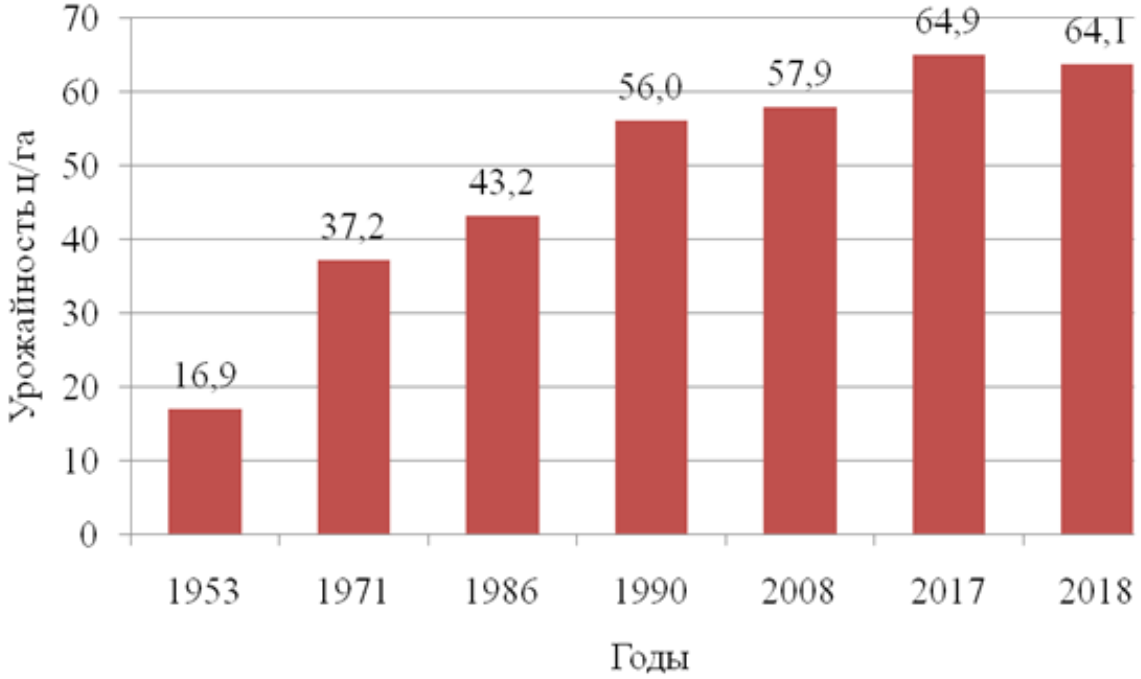

Рис. 1. Урожайность озимой пшеницы в Краснодарском крае в очень благоприятные годы

Наличие высокоэффективной многоэшелонированной индустриальной селекции, обеспечивающей плановое создание генетически и биологически различающихся сортов с высоким и широким уровнем адаптивности.

За почти 100-летнюю историю селекции, в институте создано 252 сорта пшеницы и тритикале, в том числе за последние 10 лет – 65.

В Государственный реестр РФ в 2018 году внесены и допущены к использованию 80 сортов пшеницы мягкой озимой и альтернативного образа жизни, один – яровой, четыре – сферококкум озимой, девять твердой озимой, четыре – яровой, один – полбы яровой, 14 тритикале озимой и четыре – яровой.

Достигнутый уровень адаптивности при определенном потенциале продуктивности пшеничного или тритикального растения сохраняется у новых сортов за счет использования в системе сложной ступенчатой гибридизации хорошо приспособленного к условиям региона селекционного материала собственной селекции или/и созданного в сходных экологических зонах. Расширить потенциал адаптивности, перевести ее на более высокий уровень позволяет нам интеграция систем адаптивности мягкой, твердой пшеницы, ржи и диких родичей благодаря широкому использованию в

качестве «мостиков» – тритикале, тетраплоидных компонентов, синтетических видов, созданных на основе последних. При использовании этих методов созданы сорта Половчанка, Княжна, Красота с повышенной жаростойкостью, толерантностью к засоленным, переувлажненным и переуплотненным почвам. Потенциал зерновой продуктивности сорта Таня превышает 12 т с 1 га. У сортов Половчанка, Княжна, Красота была заново получена транслокация B/R через тритикальный «мост», как и у сорта Таня (в качестве генетического «моста» был использован сорт польской селекции Градо). Сорта Жировка, Фишт, Восторг несут транслокацию от *Ae. squarosa* и замещенную хромосому T.militinae и обладают устойчивостью к вирусным болезням, что позволяет высевать их в более ранние сроки осенью.

Введение эффективных генов редукции высоты растений Rht_{11}, Rht_8, Rht_1, Rht_2, генов гибридной карликовости D в генотипы новых сортов дает возможность изменить архитектуру растений и архитектонику агроценозов, увеличить не только потенциальную урожайность, но и адаптивный потенциал.

Доказательством тому является создание короткостебельного сорта ГРОМ (генотип Rht_8 Rht_{11}), с реализованной урожайностью 10,5 т/га на площади 1200 га в колхозе-племзаводе «Казьминский» Кочубеевкого района Ставропольского края в 2018 году (табл.2).

Таблица 2

Урожайность озимой пшеницы в СПК колхозе-племзаводе «Казьминский», 2018 г., Кочубеевский район

Сорт	Площадь, га	Урожайность, ц с 1 га	Валовой сбор	Предшественник
Веха	252	102,0	2570	сахарная свекла
Гром	1200	105,0	12600	подсолнечник
Таня	1829	107,8	19725	кукуруза, сахарная свекла, соя
Юка	1940	104,2	20223	кукуруза, сахарная свекла
Итого	9240	98,7	91214,6	

Гром имеет высокие параметры засухоустойчивости и жаростойкости, является конкурентоспобным при урожаях 2-3 т/га в условиях полупустыни Калмыкии. При создании таких сортов морфологические признаки служат в качестве фоновых для изменения адаптивно-значимых физиологических параметров. Таким образом, нам удалось повысить стартовую энергию прорастания семян (сорт Таня), водоудерживающую способность и ксероморфность листьев (сорт Юка), повысить содержание хлорофиллов в листьях (сорт Алексеич), засухоустойчивость растений (сорт Калым).

Уровень зимоморозостойкости создаваемых нами сортов обеспечивается строгим контролем на провокационных фонах и при искусственном промораживании в фитотронно-тепличном комплексе. Надежная перезимовка гарантирует урожайность во всех агроклиматических зонах. Изменение уровня систем, отвечающих за фотопериодический отклик и реакцию генотипов на яровизирующие температуры, позволяет создавать сорта с высокой (Бригада, Граф, Дуплет, Кавалерка, Курень, Лауреат, Маркиз, Сварог, Морозко, Этнос), с повышенной (Гром, Безостая 100, Веха, Доля, Жива, Курс, Лига 1, Тимирязевка 150, Ахмат и др.), вышесредней (Баграт, Антонина, Грация, Иришка, Стан, Степь, Уруп, Юка) и средней морозо-, зимостойкостью (Анка, Адель, Ваня, Васса, Велена, Вид, Гурт, Сила, Утриш). Сорта, различающиеся компонентами морозостойкости, копируют различные погодные условия, повышая надежность перезимовки в целом, не снижая урожайности.

Создание конвейера сортов, сортов – взаимостраховательей.

За счет биологического разнообразия удается не только обеспечить эффективную утилизацию благоприятных местных условий внешней среды, но одновременно и резко снизить отрицательные последствия действия экологических стрессоров в «критические» периоды онтогенеза растений. Важной характеристикой сорта является его компенсационная способность, которая заключается в возможности сорта уменьшить ущерб лимитирующих факторов среды, воздействующих на растения в ранние периоды вегетации, за счет увеличения значений элементов структуры урожая, закладывающихся на более поздних фазах развития, если в этот период наступят благоприятные условия.

Очень высокой общей компенсационной способностью обладают сорта Юка, Васса, Таня, Краснодарская 99, Граф, Дуплет, Веха, Гурт. Высокую общую компенсационную способность имеют сорта

Антонина, Баграт, Вита, Грация, Жива. Знание возможности общей компенсационной способности сортов озимой пшеницы позволяет, в определенной степени, управлять урожайностью за счет внесения коррективов в технологию возделывания озимой пшеницы.

В отдельную группу выделены сорта двуручки, позволяющие получать урожай зерна как при посеве осенью, так и весной. Сюда же относятся, так называемые, условные двуручки, сорта с коротким периодом яровизации (менее 25 дней), что дает возможность получать урожай зерна при зимнем или ранневесеннем посеве (до 5-8 марта). Сорта двуручки (Ласточка, Афина, Анка, Велена, Караван) и условные двуручки (Веха, Васса, Стан, Иришка, Нота) созданы для подстраховки озимых в случае невозможности своевременного посева осенью или для ремонта озимых в случае изреживания из-за поздних всходов зимой.

Важнейшим биологическим и хозяйственным признаком сортов озимой пшеницы является продолжительность их вегетационного периода. У озимой пшеницы этот показатель часто коррелирует с величиной урожая. Однако характер этой связи определяется погодными условиями года. На Кубани селекция озимой пшеницы традиционно велась на сокращение продолжительности вегетационного периода, поскольку у скороспелых сортов налив происходит при умеренных температурах воздуха в более комфортных условиях, и они реже страдают от запала и захвата зерна [7].

Однако во влажные годы преимущество в урожайности переходит к сортам с более продолжительным вегетационным периодом, поскольку они имеют больше времени для формирования зерна.

Для стабилизации урожайности необходимо иметь сорта с различной продолжительностью вегетационного периода: от ультраскороспелых (Юбилейная 100, Есаул, Юмпа) до среднепоздних (Антонина, Граф, Гурт, Доля, Дуплет, Маркиз, Юка). В этом случае риск потери урожая от непредсказуемости погодных условий снижается. Возделывание сортов с различной продолжительностью вегетационного периода имеет большое значение и для предотвращения потерь хлебов от перестоя. В случае одновременного созревания озимой пшеницы, ее невозможно убрать в оптимальные сроки на больших площадях. Возделывание сортов различных групп спелости позволяет растянуть период созревания озимой пшеницы на 7-10 дней и более, а благодаря подбору и сочетанию звеньев – *сорт х предшественник х срок сева*, этот период можно увеличить до 14

дней. За счет маневра сортами можно регулировать и сроки уборки, что позволяет снизить пиковые нагрузки на уборочную технику и потери хлебов от перестоя.

Группа ультраскороспелых сортов имеет преимущество в засушливые, суховейные годы. Эти сорта способны за счет быстрого созревания уходить от поражения листовыми болезнями. К недостаткам ультраскороспелых сортов следует отнести их меньшую кустистость, большую по сравнению с обычными сортами, повреждаемость поздними весенними заморозками в фазы трубкования, а иногда и колошения пшеницы.

В настоящее время сорта озимой пшеницы, районированные для условий Краснодарского края, по продолжительности вегетационного периода представлены пятью группами (табл. 3). Наибольший удельный вес в посевах, более 40 %, имеет группа среднеспелых сортов. На втором месте по распространению (более 20 %) находятся скороспелые сорта. Группа среднеранних сортов представлена сортами – Адель, Баграт, Безостая 100, Таня, Васса, Степь, Уруп. Они занимают также более 20 % посевных площадей озимой пшеницы. Наименьшие посевные площади, примерно по 7-10 %, занимают сорта крайних групп спелости: ультраскороспелые и среднепоздние.

Таблица 3

Группировка сортов пшеницы мягкой озимой по продолжительности вегетационного периода

Группа спелости	Название сортов
Ультраскороспелые	Есаул, Кума, Старшина, Юбилейная 100, Юмпа
Скороспелые	Батько, Иришка, Нота, ПалПич, Победа 50, Стан
Среднеранние	Адель, Баграт, Безостая 100, Васса, Виза, Грация, Таня, Уруп, Утриш, Шарада
Среднеспелые	Айвина, Алексеич, Анка, Афина, Бригада, Велена, Вершина, Вид, Вита, Восторг, Гром, Дмитрий, Дока, Еремеевна, Жива, Зимница, Зимтра, Калым, Коллега, Краля, Краснодарская 99, Курень, Курс, Ласточка, Лауреат, Лебедь, Лига 1, Морозко, Москвич, Ольхон, Память, Первица, Просковья, Протон, Сварог, Сила, Творец, Трио, Этнос, Юнона
Среднепоздние	Антонина, Веха, Гурт, Доля, Табор, Фортуна, Юка

По сравнению с 1976…1980 гг., когда в производстве имелось лишь три группы спелости сортов, в настоящее время сортимент озимой пшеницы по продолжительности вегетационного периода можно считать соответствующим оптимальному для стабильного производства зерна.

Точная адресность сортов.

Приоритетным направлением в селекции на устойчивость к фитопатогенам в институте является создание сортов с горизонтальной или расонеспецифической (полевой, частичной, замедленного развития) устойчивостью, использование эффективных генов расоспецифической устойчивости и объединение генов вертикальной устойчивости со слабо экспрессированными генами, т.е. пирамидирование генов. Среди сортов, созданных в институте, большинство характеризуются как высоко и умеренно устойчивые, по отдельным болезням есть умеренно восприимчивые и восприимчивые, с высокой толерантностью.

Высококачественный сорт сильной пшеницы Безостая 100 на фоне искусственного заражения показывает высокую устойчивость к возбудителям бурой, стеблевой, желтой ржавчинам, слабо поражается фузариозом колоса, мучнистой росой, септориозом. Благодаря комплексной устойчивости к основным листовым болезням, имеет преимущество в годы эпифитотий, особенно при применении технологий выращивания без средств защиты растений. Является одним из лучших сортов для размещения по колосовому предшественнику, где бурно развиваются болезни различной этиологии. Ежегодно сорт должен высеваться на площади около 100-120 тысяч га, что позволит оптимизировать фитосанитарную ситуацию на пшеничных полях в крае.

Внедрение сортовых структур, мозаики сортов.

Главное преимущество видовой и сортовой гетерогенности агроэкосистем и агроландшафтов состоит в том, что приспособительные возможности одного или ограниченного числа сортов и культур всегда значительно уже амплитуды вариабельности условий внешней среды [1,2]. Многоуровневая система адаптации озимой пшеницы начинается с селекции, макрорайонирования, мезорайонирования, предложении для каждой зоны и подзоны систем сортов по биологическим и хозяйственно-агрономическим признакам, представляющим полиморфный ряд. Сорта, предлагаемые для каждой зоны, отличаются высокой степенью надежности, обуслов-

ленной сочетанием и состоянием признаков, обеспечивающих высокую их адаптивность. И в то же время, биологически, экологически и экономически нецелесообразно создавать и использовать сорта с высоким состоянием тех адаптивно значимых признаков, которые не лимитируют урожай в данной зоне. Создание и мозаичное размещение сортов, отличающихся по устойчивости к болезням, антимонопольная сортовая политика, планомерные сортосмены не допускают доминирования определенной расы или патотипа патогенов, что позволяет значительно уменьшить обработки фунгицидами и снизить себестоимость продукции.

Набор сортов для отдельного района определяется уровнем урожайности культуры за последние 3-5 лет, долей предшествующих культур и продолжительностью периода их вегетации (т.е. возможной датой их уборки), распространением болезней и вредителей и т.д. Таким образом, в Краснодарском крае внедрена многоуровневая система адаптации сортов пшеницы.

Запрет на монополию сортов – глобалистов.

Для повышения фитосанитарной безопасности в Краснодарском крае, во избежание эпифитотий, подобной той, что произошла в начале 70-х годов прошлого столетия с сортами Аврора и Кавказ, мы ушли от макросортов. При таком подходе в случае необходимости мы можем быстро вносить корректировку в сортовой состав, проводить быструю сортосмену.

Реализовав новые методы увеличения урожайности, удалось повысить стабильность производства зерна колосовых культур. Они заключаются в интеграции через сортовую политику и агротехнику основных направлений повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Для каждого производителя зерна, исходя из планируемых затрат и доходов, площади посева пшеницы, экономических и технических возможностей, составляется сортовая структура, которая в полной мере соответствует почвенно-климатическим и технологическим условиям их возделывания. Подбор проводится на основании агроэкологических паспортов сортов, который отражает их реакцию на предшественники, сроки сева, иммунологическую характеристику и фитопатологические запреты, устойчивость к стрессам, вызываемые абиотическими факторами, качество получаемого зерна, продолжительность вегетационного периода, приспособленность к механизированной уборке, нормы высева, потребность в минеральных удобрениях, генотип-

пестицидные реакции растений, экономические показатели эффективности возделывания сортов.

Умножение числа генетически разнообразных сортов и их агроэкологическая специализация расширяет адаптивный потенциал культуры и делает ее производство более надежным и стабильным. Только за последнее 6 лет включены и допущены в Госреестр РФ 47 сортов пшеницы и тритикале (табл. 4).

Таблица 4

Сорта пшеницы и тритикале
Национального Центра зерна им. П. П. Лукьяненко, допущенные к использованию в производстве

Год допуска	Пшеница мягкая	Пшеница твердая	Тритикале
2014	Адель, Доля (6,8), Лауреат, Ольхон, Бригада (8)		Кроха, Кунак Ровня
2015	Баграт, Стан, Еремеевна, Курс, Морозко, Уруп	Круча	Сват, ТИТ
2016	Гурт, Антонина, Анка		Жнец
2017	Алексеич, Безостая100, Вид, Сварог, Жива, Веха, Велена	Одари	Хлебороб
2018**	Степь, Граф, Ваня, Маркиз, Дуплет, Караван	Ясенка	Сергий
2019	Видея, Герда, Кавалерка, Собербаш, Тимирязевка 150	Кордон	Гирей, Тихон, Трудяга

Ежегодный прирост урожайности озимой пшеницы в результате генетического конструирования новых более эффективных типов растений составляет в среднем за более чем 60-летний период 75 кг зерна с 1 га ежегодно.

Анализ урожаев сортов собственной, инорайонной и иностранной селекции по данным министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности края, показывает, что генотипы, хорошо приспособленные к местным условиям, созданные на основе методов экологической селекции, ежегодно показывают значительное преимущество в сравнении с отдаленными или смежными экотипами. Ежегодно они высеваются на 98-100 % отведенной под озимую пшеницу площади и превосходят по урожайности инорайонные и иностранные сорта на 5-10 ц с га.

В результате более чем 20-ти летней совместной работы селекционеров, генетиков, семеноводов, при тесном контакте с региональным министерством сельского хозяйства, нам удалось внедрить многоуровневую систему селекции в адаптивное растениеводство, которое основывается на следующем:

- наличии высокоэффективной многоэшелонированной селекционной программы, позволяющей создавать сорта с высоким уровнем адаптивности и расширять ее адаптивный потенциал;
- создании конвейера сортов, сортов - взаимострахователей;
- точной адресности сортов;
- внедрении сортовых структур, мозаики сортов;
- отсутствии сортов - глобалистов;
- возможности быстрой сортосмены;
- реализации планового сортообновления;

Литература

1. **Жученко А. А.** Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): Монография. В двух томах. М.: Изд-во РУДН, 2001. Том I . 780с.
2. **Жученко А. А.** Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): Монография. В двух томах. М.: Изд-во РУДН, 2001. Том II. 1489с.
3. **Жученко А. А.** Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. В трёх томах. М.: Изд-во Агрорус, 2008. Том I. 814 с.
4. **Жученко А. А.** Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. 1107с.
5. **Жученко А. А.** Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика. Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. 485с.
6. **Жученко А. А.** Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. М.: ФГУП «Типография» РАСХН, 2012. 583с.
7. **Лукьяненко П. П.** Избр. труды. М.: Колос, 1973. 448с.
8. **Романенко А. А., Беспалова Л. А., Кудряшов И. Н., Аблова И. Б.** Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы // Краснодар: ЭДВИ, 2005. 220 с.

9. **Беспалова Л. А., Пучков Ю. М., Колесников Ф. А., Тимофеев В. Б., Костин В. В., Жогин А. Ф., Фоменко Н. П**. Роль селекционного материала, созданного академиком П. П. Лукьяненко, в развитии селекции пшеницы в Краснодарском крае // Научные труды. Юбилейный выпуск, посвященный 95-летию со дня рождения академика П. П. Лукьяненко. Изд-во Краснодар, 1996. С.55-64.

10. **Беспалова Л. А., Пучков Ю. М.** Результаты и перспективы селекции пшеницы и тритикале // Эволюция научных технологий в растениеводстве. Сборник научных трудов в честь 90-летия со дня образования Краснодарского КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко. Том 1. Краснодар, 2004. С. 17-28.

11. **Беспалова Л. А., Пузырная О. Ю., Керимов В. Р., Новиков А. В.** Безостая 1 в адаптации короткостебельных сортов озимой мягкой пшеницы // Безостая 1 – 50 лет триумфа: сборник материалов международной конференции, посвященной 50летию создания сорта озимой мягкой пшеницы Безостая 1. Краснодар, 2005. Пшеница. С. 76-84.

MULTILEVEL ADAPTIVE SYSTEM BREEDING IN ADAPTIVE PLANTING

L. A. Bespalova

УДК 633.14:575.222.6.78

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ F_1 ОЗИМОЙ РЖИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

А. А. Гончаренко, академик РАН
ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка», г. Москва
goncharenko05@mail.ru

Резюме: Представлены данные сравнительного испытания 10 простых и 20 тройных экспериментальных гибридов F_1 озимой ржи по урожайности и качеству зерна. Выделено три простых гибрида F_1: Н-577х Н-842, Н-649х Н-842 и Н-1078хН-842, которые превысили по урожайности стандарт Валдай на 8,5…11,9%. Среди тройных гибридов лучшей оказалась комбинация F_1 (Н-649 х Н-842) х С-8088(Rf-12), которая при урожайности 7,56 т/га превзошла стандарт Валдай на 21,7%. Основной причиной варьирования урожайности тройных гибридов F_1 явились различия их родительских форм по комбинационной способности. В дисперсию признака урожайности существенный вклад вносила ОКС родительских форм, а эффекты СКС оказались несущественными. Достоверно высокую ОКС показали простые гибриды F_1 Н-649 х Н-842 и Н-1078 х 842, а также отцовская форма Синтетик 8082(Rf-12). Они рассматриваются как наиболее перспективные родительские формы для селекции гибридов коммерческого типа. Характерной чертой качества зерна гибридов F_1 в сравнении с сортом Валдай является относительно высокая вязкость водного экстракта зернового шрота и формоустойчивость подового хлеба, но более низкий объемный выход формового хлеба, масса 1000 зерен и натура зерна.

Ключевые слова: *озимая рожь, гомозиготная линия, простые гибриды, тройные гибриды, цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС), урожайность, качество зерна, общая и специфическая комбинационная способность*.

Селекция гетерозисных гибридов F_1 озимой ржи на основе ЦМС является перспективным направлением в селекции культуры. Считается, что в среднем гибриды F_1 озимой ржи дают урожай зерна на 15-20% больше, чем популяционные сорта [7]. В Германии за последние 26 лет (1991-2016) урожайность за счет гибридов ржи в

опытах государственного испытания увеличилась на 23,3%, а за счет сортов популяций – лишь на 18,1% [5].

В Польше прибавка урожая гибридных сортов над популяционными в системе государственного испытания за 2004-2010 гг. варьировала от 9,8 до 14,5 ц/га, причем гибриды F_1 имели лучшую устойчивость к полеганию и меньше поражались бурой ржавчиной и мучнистой росой [4]. Большие перспективы показывает интродукция европейских гибридных сортов ржи в традиционно ржаные области Канады [6].

В ряде стран Европы благодаря появлению гибридов F_1 рожь стали возделывать не только на бедных, но и на высокоплодородных почвах, где она дает более высокий урожай, чем другие культуры. Немаловажно и то, что на базе гибридов ржи появляется возможность быстро реализовать многие специфические требования потребителя относительно различных направлений хозяйственного использования ржи. Популяционная селекция такой мобильностью не обладает.

В Московском НИИСХ «Немчиновка» работы по созданию гомозиготных линий для целей гибридной селекции ведутся на базе материалов из трех различных генопулов: немчиновского, саратовского и кировского. В этих целях применяется многократный инцухт растений из самофертильных популяций, полученных на базе этих генопулов. Для получения стерильных аналогов отбираются лучшие инбредные линии, с которыми проводятся насыщающие скрещивания. В качестве источника ЦМС используются материалы со стерильной цитоплазмой типа Пампа.

Получение гомозиготных линий ржи с высокой собственной продуктивностью – важный этап в гетерозисной селекции. Но не менее сложной и затратной является оценка их генетических свойств в межлинейных скрещиваниях. Чтобы установить, какой гетерозис они дадут в поколении F_1, используют различные схемы скрещиваний. Известно [3], что гетерозис сильнее всего проявляется в случае, если разные аллели одного гена зафиксированы в разных родительских линиях. Эта разность в частотах генов будет наибольшей только у высоко гомозиготных линий. Это значит, для синтеза таких линий необходимо применять многократный инцухт. Однако если высоко инбредные линии будут иметь генетическое родство по происхождению, то высокого эффекта гетерозиса ожидать не приходится, так как в этом случае максимальная гетерозиготность в поколении F_1 не будет достигнута.

Ранее нами было показано [2], что скрещивание стерильных линий с фертильным тестером по схеме топкросса является эффективным приемом ранней диагностики комбинационной ценности родительских форм, позволяющим на первом этапе гибридной селекции отобрать лучшие линии для синтеза высокогетерозисных гибридов.

Целью наших исследований было изучение комбинационной способности родительских форм на втором этапе гетерозисной селекции, когда требуется оценить селекционную ценность простых межлинейных гибридов F_1, используемых в качестве материнской формы, и отцовских форм – синтетиков-восстановителей фертильности. Выделение лучшие из них для синтеза высокоурожайных экспериментальных гибридов составляет главную задачу гибридной селекции.

Исходным материалом для получения простых межлинейных гибридов F_1 послужили 10 стерильных гомозиготных линий (ms H-451, ms H-577, ms H-649, ms H-700, ms H-1054, ms H-1058, ms H-1078, ms H-1276, ms H-1309, ms H-1172 и фертильная линия-тестер mfH-842, являющаяся закрепителем мужской стерильности в цитоплазме типа Пампа.

В 2014 г. на базе этих линий по схеме топкросса было получено 10 простых межлинейных гибридов F_1 типа А х В, которые в 2015 г. прошли конкурсное испытание на делянках 15 $м^2$ в 4-х кратной повторности при норме высева 500 всхожих зерен на 1 $м^2$. Учитывали урожайность (т/га), а также основные технологические и хлебопекарные признаки качества зерна: массу 1000 зерен, натуру зерна, число падения, высоту амилограммы, вязкость водного экстракта зернового шрота, объем формового хлеба и расплываемость подового хлеба (отношение его высоты Н к диаметру D).

В том же году были проведены тестовые скрещивания 10-ти простых гибридов F_1 с двумя мужски фертильными синтетиками С-8082 (Rf-12) и С-8093 (Rf-15). Синтетик С-8082 (Rf-12) был создан на базе двух инбредных линий S_4, полученных от самоопыления восстановленных растений, обнаруженных в гибридном потомстве от скрещивания источника стерильной цитоплазмы Пампа с фертильной Популяцией 56Hl, предположительно являющейся носителем генов Rf.

Синтетик С-8093 (Rf-15) получили на базе двух инбредных линий от трехкратного самоопыления восстановленных растений, обнаруженных в гибридном потомстве от скрещивания мужски стерильных растений (тип Пампа) с фертильной популяцией ГК-

1205, способной частично восстанавливать фертильность в этом типе цитоплазмы. Таким образом, указанные синтетики являются самофертильными, несут стерильную цитоплазму типа Пампа и имеют среднюю степень инбридинга, так как получены на базе скрещивания линий от неглубокого (S_3 и S_4) инцухта.

Всего было получено 20 трехкомпонентных гибридов F_1, имеющих структурную формулу (A_{cms} x B_{mf}) x C_{Rf}. Такая конструкция считается оптимальной с точки зрения полноты эффекта гетерозиса, доступного для использования в производственных условиях. Полевые испытания этих гибридов провели в 2017 г на делянках 15,0 м^2 в 4-х кратной повторности. Учитывали урожайность (т/га) и основные технологические и хлебопекарные признаки качества зерна, перечисленные выше. Эффекты ОКС и СКС родительских форм оценивали на основе математической модели, предложенной В.Г. Вольф, П.П. Литун [1].

Результаты испытания 10 простых межлинейных гибридов F_1 озимой ржи и результаты оценки качества зерна представлены в табл.1.

Таблица 1

Урожайность и качество зерна у простых межлинейных гибридов F_1 (2015)

Гибриды F_1	Урожайность, т/га	Высота растений, см	Масса 1000 зерен,г	Натура зерна, г/л	Число падения, с	Амилограмма, е.а.	Вязкость в.э., сП	Объем форм. хлеба, см^3	Отношение H/D
Валдай ст.	7,49	138	31,7	714	172	220	4,2	290	0,24
Н-451хН-842	7,12	129	25,7	678	108	211	4,2	258	0,23
Н-577хН-842	8,38	130	27,1	688	196	190	5,2	264	0,28
Н-649хН-842	8,14	131	30,5	710	131	203	5,0	270	0,26
Н-700хН-842	7,70	127	27,9	718	245	190	5,4	270	0,26
Н-1054хН-842	7,14	125	28,1	701	163	150	4,9	260	0,26
Н-1058хН-842	7,82	131	30,5	716	247	198	5,0	258	0,28
Н-1078хН-842	8,13	128	26,5	728	177	210	4,9	270	0,29
Н-1276хН-842	7,35	132	30,1	732	231	206	4,3	276	0,26
Н-1309хН-842	7,79	128	31,3	719	136	198	4,8	272	0,28
Н-1172хН-842	7,52	128	27,4	698	217	181	4,5	272	0,28
$НСР_{05}$	0,52								

*Примечание: урожайность гибрида достоверно выше стандарта Валдай.

Как видно, достоверно высокую урожайность в сравнении с сортом Валдай показали три простых гибрида: Н-577 х Н-842, Н-649 х Н-842 и Н-1078 х Н-842, которые превысили стандарт на 8,5…11,9%.

По другим признакам важно отметить, что в среднем все простые гибриды F_1 отличались от стандарта более коротким стеблем (на 6…13 см), имели более низкую массу 1000 зерен (на 3,2 г), натуру зерна (на 4 г/л), высоту амилограммы (на 26 е.а.) и объемный выход формового хлеба (на 23 $см^3$). В то же время они были лучше стандарта по числу падения (на 13 с), вязкости водного экстракта (на 0,6 сП), давали формовой и подовый хлеб лучшего качества. По комплексу признаков качества лучшими были сочетания Н-577 х Н-842, Н-1058 х Н-842, Н-1078 х Н-842, Н-1309 х Н-842.

Урожайность тройных межлинейных гибридов F_1, полученных от скрещивания простых гибридов с синтетиками-восстановителями С-8082 (Rf-12) и С-8093 (Rf-15) представлена в табл.2.

Таблица 2

Урожайность тройных экспериментальных гибридов F_1 (т/га, 2017)

Материнские простые гибриды F_1	Синтетики-восстановители фертильности (отцовские формы)		*Среднее Xi*
	С-8082 (Rf-12)	С-8093(Rf-15)	
Н-451хН-842	6,98	6,00	6,49
Н-577х Н-842	7,31	6,71	7,01
Н-649х Н-842	7,56	7,32	7,44
Н-700хН-842	7,20	6,13	6,67
Н-1054х Н-842	6,86	6,69	6,78
Н-1058х Н-842	6,94	5,88	6,41
Н-1078х Н-842	7,24	7,00	7,12
Н-1276х Н-842	7,00	5,77	6,39
Н-1309х Н-842	6,92	7,20	7,06
Н-1172х Н-842	6,80	6,22	6,51
Среднее X_i	*7,08*	*6,49*	***6,78***
$НСР_{05}$	*0,50*		

Средняя урожайность тройных гибридов F_1 в опыте составила 6,78 т/га, что на 0,57 т/га выше популяционного сорта Валдай (6,21 т/га). Наиболее высокую урожайность дал тройной гибрид F_1 (Н-649 х Н-842) х С-8082 (Rf-12), превысив стандарт на 21,7%, а наиболее низкую – гибрид F_1 (Н-1276 х Н-842) х С-8093 (Rf-15), ко-

торый уступил ему на 7,1%. В целом тройные гибриды с участием синтетика С-8082 (Rf-12) были более урожайными (на 9,1%), чем гибриды с участием синтетика С-8093(Rf-15).

Среди материнских родительских форм наиболее урожайные сочетания при скрещивании с обоими синтетиками давали простые гибриды Н-649 х Н-842 и Н-1078 х Н-842, ранее упоминавшиеся как наиболее урожайные в испытании 2015 г. Их характерной особенностью является способность давать ценные комбинации при скрещивании с широким кругом синтетиков. Высокие комбинационные свойства проявил также гибрид Н-1309 х Н-842, о чем свидетельствует его высокая средняя урожайность в тройных сочетаниях (7,06 т/га). Самую низкую комбинационную способность в тройных скрещиваниях показали гибриды F_1 Н-1276 х Н-842 и Н-1058 х Н-842.

Основной причиной варьирования урожайности изучаемых гибридов явились различия их родительских форм по комбинационной способности. Это подтвердил дисперсионный анализ, который позволил разложить генотипическую вариансу признака урожайности на три составные части: ОКС простых гибридов, ОКС тестеров-синтетиков и СКС родительских форм. В наших опытах варианса СКС оказалась несущественной, поэтому в данном случае можно говорить только о двух факторах влияния, оказавших достоверное воздействие на дисперсию урожайности

Обращает на себя внимание относительно малая варианса ОКС материнских простых гибридов (ms^2 =0,25) и большая варианса ОКС синтетиков-восстановителей (ms^2 =1,75). Суммируя эти вариансы, получаем, что на долю эффектов ОКС приходится 90,9% всей изменчивости урожайности изучаемых гибридов, а на долю СКС – только 5,9%. Из этого следует, что основным компонентом генотипической вариансы признака урожайности является аддитивное взаимодействие генов, а не внутрилокусное доминирование.

С другой стороны, высокое отношение варианс ОКС/СКС указывает на достаточно высокую генетическую дивергенцию простых гибридов и синтетиков, взятых для скрещивания.

Из вышеприведенного следует, что изучаемые родительские формы отличаются разной комбинационной способностью. Из данных табл. 3 видно, что достоверно высокие эффекты ОКС по урожайности показали простые гибриды Н-649 х Н-842 и Н-1078 х Н-842, а также синтетик С-8082(Rf-12).

Таблица 3

Оценка эффектов ОКС простых межлинейных гибридов F_1 и синтетиков-восстановителей фертильности

Гибриды F_1 и синтетики-восстановители	Эффекты ОКС(gi)
Н-451хН-842	-0,29
Н-577хН-842	0,22
Н-649хН-842	0,66*
Н-700хН-842	-0,12
Н-1054хН-842	-0,03
Н-1058хН-842	-0,39*
Н-1078хН-842	0,35*
Н-1276хН-842	-0,39*
Н-1309хН-842	0,28
Н-1172хН-842	-0,29
Синтетик-8082(Rf-12)	0,30*
Синтетик0-8093(Rf-15)	-0,30*
Ошибка Edgi (для гибридов F_1)	*0,34*
Ошибка Edgj (для синтетиков)	*0,12*

*Примечание: отклонение достоверно на 5 % уровне значимости.

На их фоне существенно более низкой комбинационной способностью обладали гибриды Н-1058 х Н-842 и Н-1276 х Н-842, а также синтетик С-8093(Rf-15). Гибриды с участием этих родителей давали низкоурожайные экспериментальные гибриды.

Практический интерес представляет оценка тройных межлинейных гибридов F_1 не только по урожайности, но и по качеству зерна. В табл. 4 представлены показатели качества зерна гибридов, полученных с участием синтетика С-8093(Rf-15).

Таблица 4

Характеристика тройных гибридов F_1 по качеству зерна (2017)

Гибриды F_1	Масса 1000 зерен,г	Натура зерна, г/л	Число падения, с	Амилограмма, е.а.	Вязкость, в.э. сП	Объем форм. хлеба, $см^3$	Отношение H/D
Валдай ст.	32,8	734	217	385	3,7	336	0,22
(Н-451х Н-842)х С-8093	29,9	717	220	450	4,3	302	0,23

Окончание табл. 4

(Н-577х Н-84)х С-8093	31,0	708	226	382	4,6	276	0,28
(Н-649х Н-842)х С-8093	32,1	728	230	336	5,1	307	0,26
(Н-700х Н-842)х С-8093	31,7	723	209	350	4,8	285	0,26
(Н-1054хН-842)х С-8093	31,2	723	192	300	4,7	290	0,26
(Н-1058хН-842)х С-8093	31,9	728	225	315	4,7	283	0,25
(Н-1078хН-842)х С-8093	30,6	725	236	295	5,1	288	0,26
(Н-1276хН-842)х С-8093	30,9	732	222	324	4,3	306	0,22
(Н-1309хН-842)х С-8093	33,2	735	172	295	4,4	287	0,23
(Н-1172хН-842)х С-8093	32,1	721	224	332	4,0	296	0,22
Среднее по 10 годам F_1	*31.5*	*724*	*216*	*338*	*4.6*	*292*	*0.25*

По этим данным можно судить о степени влияния материнских родителей на экспрессию признаков качества зерна у тройных гибридов. Анализ показывает, что лучшим в этом плане является простой гибрид F_1 Н-649хН-842, ранее отмеченный как наиболее урожайный. Тройные гибриды с его участием давали зерно с высокими технологическими и хлебопекарными свойствами, превышая по некоторым показателям стандарт Валдай. Поэтому данную комбинацию можно рассматривать как перспективную родительскую форму при конструкции трехкомпонентных гибридов. Сравнение средних данных по 10 гибридам F_1 с сортом Валдай показывает, что они отличаются более высокой вязкостью водного экстракта зернового шрота и лучшей формоустойчивостью подового хлеба, но имеют более низкий объемный выход формового хлеба, меньшую массу 1000 зерен и натуру зерна. По этим признакам необходима интенсивная селекция на уровне инбредных линий.

Выводы. По результатам испытания 20 тройных гибридов выделена перспективная комбинация F_1 (Н-649 х Н-842) х С-8088(Rf-12), которая при урожайности 7,56 т/га превзошла стандарт Валдай на 21,7%. Основной причиной варьирования урожайности тройных гибридов F_1 явились различия их родительских форм по комбинационной способности. В дисперсию признака урожайности существенный вклад вносила ОКС родительских форм. Достоверно высокую ОКС показали простые гибриды F_1 Н-649 х Н-842 и Н-1078 х 842, а также отцовская форма Синтетик 8082(Rf-12). Они рассматриваются как перспективные родительские компоненты для синтеза экспериментальных гибридов. Выявлены характерные особенности гибридов F_1 по качеству зерна. В сравнении с сортом Валдай они отличаются более высокой вязкостью водного экстракта зернового шрота и лучшей формоустойчивостью подового хлеба, но имеют более низкий объемный выход формового хлеба, меньшую массу 1000 зерен и натуру зерна. В целом, по качеству зерна материнских простых гибридов можно надежно прогнозировать это свойство у экспериментальных тройных гибридов.

Литература

1. **Вольф В. Г., Литун П. П.** Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков, 1980. 75 с.
2. **Гончаренко А. А., Ермаков С. А., Макаров А. В., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Крахмалева О. А.** Изучение комбинационной способности озимой ржи инбредных линий озимой ржи по методу топкросса // Зерновое хозяйство России. 2017. 5(53), С.3-8.
3. **Фолконер Д. С.** Введение в генетику количественных признаков. М: 1985. 485 с.
4. **Banaszak Z., Banaszak K., Kaczmarek K.** Rye varieties in Poland, Intern. Confer.on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June, 2015. P. 26.
5. **Laidig F., Piepho H.-P., Rentel D., Drobek T., Meyer U., Huesken A.** Breeding progress, variation and correlation of grain and quality traits in winter rye hybrid and population varieties and national on-farm progress in Germany over 26 years. Theoret. and Appl. Genetics, 2017, 130 (5). P. 981-998.

6. Larsen R.J. Historical, current and potential future trends for rye production and breeding in Canada. Intern. Confer.on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June 2015. P. 24.

7. Miedaner T. Roggen. DLG-Verlag, Franrfurt/Main. 1997. 151 p.

PROSPECTS OF BREEDING HETEROSIS HYBRIDS F1 OF A WINTER RYE ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF GRAIN

A. A. Goncharenko

Summary: Data of comparative test of 10 simple and 20 threefold experimental hybrids F_1 of a winter rye on productivity and quality of grain are presented. It is allocated three simple hybrids F_1: H-577x H-842, H-649x H-842 and H-1078xH-842 which have exceeded on productivity the standard Valdai on 8,5 … 11,9 %. Among threefold hybrids of the best there was combination F_1 (H-649 x H-842) x C-8088 (Rf-12) which at productivity of 7,56 t/ha has surpassed the standard Valdai on 21,7 %. The principal cause of a variation of productivity of threefold hybrids F_1 were distinctions of their parental forms on combinational ability. In a dispersion of an attribute of productivity the essential contribution brought GCA of parental forms, and effects SCA have appeared insignificant. Simple hybrids F_1 H-649 x H-842 and H-1078 x 842, and also fatherly form Synthetic 8082 (Rf-12) have shown authentically high GCA. They are considered as the most perspective parental forms for selection of hybrids of commercial type. Characteristic feature of quality of grain of hybrids F_1 in comparison with a variety Valdai is rather high viscosity of a water extract grain meal and stable form of a toppling bread, but lower volumetric output of a square loaf, weight of 1000 grains and grain unit.

Key words: *winter rye, homozygous line, cytoplasmic male sterility (CMS), hybrid, productivity, quality of grain, general and specific combinational ability*

УДК 633.11«324»:631. 52

КОАДАПТАЦИЯ – ОДИН ИЗ ВЕДУЩИХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВЫСОКОПЛАСТИЧНЫХ СОРТОВ

А. И. Грабовец, член-корреспондент РАН,
ФГБНУ «Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Ростовская область, пос. Рассвет,
grabovets_ai@mail.ru

Резюме: Показана роль коадаптации на современном этапе селекции в условиях меняющегося климата. При этом было важно, чтобы при гибридизации у гибрида было мало или совсем отсутствовали общие гены родителей, контролирующие интересующие нас признаки, были созданы популяции с широком спектром и частотой кроссоверных обменов. Чаще это происходит при использовании исходных форм инорайонного происхождения с других почвенно-климатических зон. Процесс создания генотипа с требуемым уровнем выраженности признака характеризуется большим разнообразием (разные схемы скрещиваний, их последовательность, методы педигри, балк-метод и др.).

Ключевые слова: *коадаптация, гибридизация, отбор, генофонд, сорт, озимая пшеница.*

Начало XXI в. характеризуется заметным усилением флуктуации погодных условий [1, 2]. Возникают ситуации, когда растениеводство страны из-за слабо или вообще не приспособленных сортов несёт потери урожая или его качество (в текущем году прорастание зерна в колосе у озимой пшеницы). Поэтому возникает необходимость создания адекватной к меняющимся погодным условиям генетической изменчивости, которая бы купировала вызовы среды, с совершенно новым характером канализированности генов и которая поддавалась бы отбору. Ранее в рамках проявляющихся лимитирующих факторов среды уже сложились зоны рекомбинируюших хромосом, обусловливая в целом определенную эволюционную «память». Однако климат меняется и возникает необходимость в изменении характера взаимодействия генов, которая при опреде-

лённых условиях может быть вызвана различными вариантами кроссинговера (обычный, двойной, неравный и др.), обусловливающих вовлечение в рекомбинацию ранее «молчащих» зон хромосом и др. [3]. Обычно это происходит, когда основные признаки контролируются совершенно новыми (не местными) генами. Генетическим механизмом создания такого принципиально нового исходного материала для дальнейшей селекции является коадаптация. Поэтому в каждой почвенно-климатической зоне должна бы своя методология этих исследований.

Методика. Исследования проводили в 1955-2016 гг. в научно-исследовательском центре в степной зоне Ростовской области с резко континентальным климатом. Использовали методики, опубликованные ранее [1,2 и др.].

На начальном этапе селекции важно иметь очень большое число кроссоверов, что достигается путем высева 30-40 тыс. необмолоченных колосьев различных гибридных и мутантных популяций [2]. Основное преимущество этого метода - более объективная оценка большого числа генотипов по комплексу признаков за счет создания провокационных фонов при зимовке и вегетации (зимостойкость, фитопатогены и др. [1,2]). Исследования базировались на основе генетической коадаптации у популяций с продолжительным формообразованием, когда путем рекомбинации происходило взаимное приспособление взаимодействующих аллелей в генофонде. Это также обусловливало давление отборов селекционера и лимитирующих факторов [3]. Присутствует элемент целенаправленности процесса.

Результаты и обсуждение. В степной зоне Дона к основным вызовам природы следует отнести возможные низкие температуры зимой на узле кущения, продолжительные зимние оттепели, притертые ледяные корки до 60 дней залегания, морозы при вегетации растений в апреле-мае, преобладание числа лет с продолжительными засухами в мае-июне и др. К негативам следует отнести и непредсказуемость их флуктуации в разные годы. Однако для производства требуется стабильность при производстве зерна. Для создания высоко адаптивных сортов при такой гамме ингредиентов природы требуется создание популяций с высоким потенциалом изменчивости, доступной отбору. При этом было важно, чтобы при гибридизации у гибрида было мало или совсем отсутствовали об-

щие гены родителей, контролирующие интересующие нас признаки, были созданы популяции с широком спектром и частотой кроссоверных обменов. Косвенным показателем является частота и степень трансгрессий по главным признакам. Чаще это происходит при использовании исходных форм инорайонного происхождения с других почвенно-климатических зон. Процесс создания генотипа с требуемым уровнем выраженности признака характеризуется большим разнообразием (разные схемы скрещиваний, их последовательность, методы педигри, балк-метод и др.).

В наших исследованиях это происходит чаще в течение двух этапов скрещиваний. В первом у комбинации (схема: инорайонный компонент/ местный) обычно отмечаем взаимное приспособление взаимодействующих аллелей в генах популяции. Однако часто с первого раза доведенный до константности новый генотип не решает поставленную задачу. Его скрещивают с третьим сортом (обычно для усиления адаптации) и, как правило, создается высокопластичный сорт. Проиллюстрируем сказанное примером по озимой пшенице [5]. В качестве отцовской формы в 1976г. привлекли короткостебельный сорт интенсивного типа Martonvashari 12 (Венгрия) с рецессивным геном *rht*, среднезимостойкий, в качестве материнской – местную пшеницу Тарасовская 87, полуинтенсивную, степного экотипа. Процесс коадаптации был продолжительным. Были отмечены ограничения на рекомбинацию. Только в F_8 выделили целую группу интенсивных трансгрессивных короткостебельных линий (частота трансгрессий по продуктивности составляла 3,6-6,0%) – Lut. 560/97, Lut.568/97 и др., соответствующих параметрам сорта по многим признакам, но уступающих стандартам по продуктивности. На втором этапе, при скрещивании сорта Прима с Lut. 560/97, создан сорт Донская лира (потенциал 9 т/га, допущенный к использованию в 5, 6, 7 и 8 регионах). При скрещивании сортов Тарасовская 87 и Lut. 560/97 – сорт Донэко (допущенный в 5,6,7,8 и 9 регионах), ljk;fkb568/97/ Тарасовская 97 – сорт Золушка (6,8 регионы). Большое число регионов допуска свидетельствуют о высокой степени пластичности сортов.

Иногда требуется много таких этапов скрещиваний, чтобы получить новый генотип, приспособленный как к среде, так и получить должный его потенциал продуктивности в сочетании с другими свойствами. У сорта озимой пшеницы Октава 15, устойчивого к

прорастанию на корню вследствие генетической обусловленности низкого уровня активности α-амилазы, родословная сложная - ♀{Телец , Болгария // (Белоцерковская 18, Украина / Зирка, Украина) х Одесская 133, Украина} х (Тарасовская 29 / Зирка)// Донщина х ♂ Писанка, Украина. Здесь процесс коадаптации был довольно длительным по времени.

В то же время немало случаев, когда при простом парном скрещивании местного сорта с инорайонным был получен хороший результат. У тритикале по одной из комбинаций в качестве матери использовали сорт АД Тарасовский, отца – польский сорт Градо. АД Тарасовский – ксероморфный высокозимостойкий полуинтенсивный сорт степного экотипа, Градо – средне зимостойкая интенсивная форма, требующая хорошего увлажнения при возделывании. Популяция характеризовалась длительным формообразовательным процессом. Ограничений на рекомбинацию не было.

В расщепляющейся популяции целенаправленно проводили отборы в сочетании с коадаптацией в F_2, F_3, F_4 и, наконец, в F_5 были выделены две трансгрессивные формы – 3236/03 (сорт Вокализ, регионы допуска в РФ – 3, 4 и 6) и 3231/03 (сорт Консул, регионы - 2,3,4, 6 и 7).

У неконстантных линий процесс коадаптации продолжался. Отборы в неконстантных семьях продолжали выполнять в F_5, F_6, F_7. В F_8 были выделены два трансгрессивных рекомбинанта – Er.3190/06 (сорт Капрал, регионы допуска – 3, 4, 5, 7 и 9) и Er.3196/06 (сорт Алмаз, регионы 4, 5, 6, 7 и 9). Регионы допуска сами свидетельствуют об уровне экологичной пластичности сорта. Все сорта отличались друг от друга морфологически, по продуктивности и по биохимизму зерна. Среди них были сорта для хлебопечения, для крахмалопроизводства, для изготовления биоэтанола.

Интересны случаи получения принципиально новой выраженности признака. Речь идет об устойчивости к майским заморозкам. В новом столетии они усилились с обычных 5-6 до 11. До 2000 г. таких источников устойчивости не было. Схема исследований была прежней – привлечение родителя с новыми генами, каких в этой зоне не было. Для её реализации вначале скрестили полуинтенсивный местный сорт Тарасовская 29 с Дриной, карликовой формой с генами rht из Югославии. Из-за ограничений на рекомбинацию в позднем поколении выделили одну константную интенсивную ни-

же средней по зимостойкости форму (Lut. 520/62), как сорт не представляющую интереса. С целью получения трансгрессий по зимостойкости ее скрестили со среднезимостойким сортом из Кубани – Краснодарская 57. Цель не была достигнута. Полученную новую константную форму вновь скрестили со среднезимостойким украинским сортом Альбатрос одесский. После отборов на фоне негативных факторов в F_2-F_6, в F_7 выделили линию 818/97 (Северодонецкая юбилейная). В условиях 2003 г. в фазе перед колошением она выдержала заморозки -11^{0}С в течение недели. У этого сорта выявили трансгрессию так же и по многим другим признакам: продуктивности (в 2008 г. на Всероссийском Дне поля в Белгороде признана лучшей пшеницей России), морозо-зимостойкости (выдерживает -18-19^{0}С на узле кущения).

Таким образом, при помощи коадаптации можно создавать как принципиально новый генофонд для дальнейшей селекции, так и используя его выводить новые высокопродуктивные сорта, устойчивые к меняющимся погодным невзгодам.

Литература

1. Grabovets A. I., Fomenko M. A. Some aspects of the winter wheat selection for winter hardiness in the conditions of changing climate. // Russian Agricultural Sciences. 2015. V.41. N 1. P. 1-4.

2. Grabovets A. I., Fomenko M. A. Wheat breeding during drought increase. // Russian Agricultural Sciences. 2016. V. 42. N 6. P. 403-406.

3. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. // Краснодар. Просвещение-Юг. 2010. 433 с.

4. Лукьяненко П. П. Гибридизация отдаленных эколого- географически форм озимой пшеницы // Селекция самоопыляющихся культур. М. Колос. 1969. С. 3-31.

5. Grabovets A. I., Fomenko M. A. Coadaptation role in wheat breeding for adaptability and productivity under conditions of climate fluctuation amplification // Russian Agricultural Sciences. 2017. V.43. N 5. P. 338-370.

COADAPTATION IS ONE OF THE LEADING GENETIC MECHANISMS FOR THE CREATION OF NEW HIGHLY PLASTIC VARIETIES

A. I. Grabovets

Summary: The role of coadaptation at the present stage of breeding in a changing climate is shown. At the same time, it was important that during hybridization in hybrid, there were little or no common genes of parents controlling the characteristics of interest to us, populations with a wide spectrum and frequency of crossover exchanges were created. More often this occurs when using the original forms of foreign origin from other soil-climatic zones. The process of creating a genotype with the required level of expression of the trait is characterized by a great variety (different patterns of crosses, their sequence, pedigree methods, bulk method, etc.).

Key words: *co-adaptation, hybridization, breeding, gene pool, variety, winter wheat.*

УДК 575.162; 575.164; 575.165; 575.167; 575.087.1

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

В. А. Драгавцев, академик РАН,
И. М. Михайленко,
ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург,
dravial@mail.ru; ilya.mikhailenko@yandex.ru

«Генов урожайности как таковых не существует»
Акад. А.А. Жученко, 2010

«Мы иногда забываем, что главный вопрос генетики
не «что производит белок», а – «что делает собаку
собакой, а человека человеком»
Noble, 2006

«Главные проблемы биологии связаны с системами
и их организацией во времени и пространстве».
Норберт Винер,1964

Ключевые слова: *теория эколого-генетической организации количественных признаков, эколого-генетическая теория селекционных индексов, динамика лим-факторов среды.*

Замечательные советские генетики – М. Е. Лобашев, Б.Л. Астауров и Н. П. Дубинин очень правильно сформулировали задачи генетики в селекции: *«Успех приложения генетических знаний к селекционному процессу определяется разработкой экспресс-тестов в целях увеличения скорости оценки генотипов организмов по необходимым признакам продуктивности»* [1, с. 22]. Однако этот призыв был услышан не всеми генетическими школами. В 1953 г. Уотсон и Крик расшифровали структуру ДНК, после чего быстро был установлен генетический код, и большинство генетиков мира перешли от работы с фенотипами, которые нас кормят и одевают, к работе с молекулами ДНК и РНК, вера во всемогущество которых породила «центральную догму молекулярной генети-

ки» – все признаки организма определяются генами и только генами. Были предложены методы «маркерной помощи селекции» (MAS), методы поиска и локализации генов количественных признаков (QTL), методы создания ГМО и, наконец, методика геномного редактирования CRISPR/Cas9, которая, к сожалению, порождает множество неконтролируемых мутаций в геноме.

Сегодня многие молекулярные подходы подвергаются обоснованной критике, например, книга А. Розенберга [2] вся посвящена этому. Акад. А.А. Жученко [3, с. 432-433] подчеркивал: «Генов урожайности как таковых не существует, а величины и качества урожаев обеспечиваются особенностями систем онто- и филогенетической адаптации и характером их взаимодействия (эмерджентными свойствами) на разных уровнях организации жизни». И далее: «Достижения в области молекулярной биологии, как впрочем, геномики, протеомики и метаболомики, – не способны объяснить сущности биологических явлений на высших уровнях жизни». Акад. Е.Д. Свердлов – один из трех лучших молекулярных генетиков РФ (и широко известный в мире) в последние годы пришел к выводу: *«Молекулярная генетика не способна решить важнейшие проблемы: эво-дево (эволюционная биология развития; рак; транскрипция; функциональность»* [4]. Н.И. Вавилов называл селекцию – «эволюцией, направляемой волей человека», т.е. задачи селекции и есть задачи эво-дево, которые в принципе не может решить молекулярная генетика. Проблемы рака: установлено, что из 100 человек – носителей гена предрасположенности к раку, заболевают лишь 10 человек. Это явление «недостающей наследственности», доказывающее отсутствие однозначного (рельсового) пути от гена к признаку. Транскрипция: открыто явление альтернативного сплайсинга, когда с одного гена считываются до 3000 разных информационных РНК. Функциональность организмов (т.е. почему у тюленей вырастают ласты, а у птиц крылья?) И на этот вопрос не может ответить молекулярная генетика.

Наша научная школа (к 2017 г. – 35 кандидатов и 12 докторов наук), поверив Н. Винеру, трем лидирующим генетическим школам (Лобашева, Астаурова, Дубинина) и приоритетным исследованиям акад. А.А. Жученко – работала на эколого-генетическом уровне (сейчас он называется эпигенетическим), и в период 1984-2014 гг. создала и развила Теорию эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП), которая показала, что призыв

традиционной генетики – «надо изучать генетику количественного признака» – ошибочен, поскольку стабильной (паспортной) генетической характеристики признак продуктивности в разных средах не имеет. В нашей работе [5] на с. 259, пункт 18 – утверждается: *«ТЭГОКП лишает обоснованности идею использовать маркерные гены («сигнали» Серебровского, молекулярные маркеры, маркеры RFLP и др.) для селекции количественных признаков. Лабильная генетическая формула (лабильный спектр продуктов генов) сложного признака продуктивности никак не может коррелировать с любой жесткой структурой маркеров, пусть даже очень плотно покрывающих весь геном».*

В книге [6] на с. 62 написано: *«С позиций ТЭГОКП любой признак продуктивности растений есть не только (и не столько) продукт действия генов и хромосом, сколько результат взаимодействия лимитирующих факторов внешней среды с наборами продуктов генов в клетках. Без количественного описания всей сложной эколого-генетической «конструкции» признака продуктивности невозможно подобрать именно ту пару родителей, в гибридном потомстве которых появится трансгрессия по продуктивности».*

Из ТЭГОКП вышли несколько принципов экспрессной оценки генотипических значений отдельных растений в расщепляющейся популяции: 1) принцип фоновых признаков, повышающий точность узнавания (идентификации) самого ценного генотипа в популяции при отборе в 1000 раз [7, с. 168-173]; 2) принцип быстрой «ортогональной» идентификации генотипов по их фенотипам [8], основанный на открытии разнонаправленности сдвигов генотипических и экологических значений признака в определенных признаковых координатах (принцип сейчас работает более чем в 30 селекцентрах, из них 13 зарубежных, создавая прорывные сорта), и 3) Эколого-генетическая теория селекционных индексов на основе следствий ТЭГОКП (изложенная ниже).

В совокупности эти три разработки представляют собой Инновационную теорию индивидуального отбора самых продуктивных генотипов в расщепляющихся поколениях, или в диких популяциях.

Суть эколого-генетической теории селекционных индексов (ЭГТСИ). Первая информация о контурах ЭГТСИ была дана в книге [6]. В настоящее время эта теория продолжает развиваться

путем качественного моделирования динамик разных лим-факторов по фазам развития, в которые закладываются компонентные признаки продуктивности.

Как обстояло дело с селекционными индексами до нашей теории?

Наиболее глубоко исследовал индексы при изучении генетики признаков продуктивности Ю.А. Филипченко [9]. Он писал: *«Я должен предостеречь всех изучающих наследование количественных признаков от пользования индексами… Пренебрежение абсолютными величинами при выяснении хода наследования может вызвать только путаницу и ошибки»* (с. 38-39). Однако количественными признаками занимаются не только генетики растений, но и физиологи. В отличие от генетиков, которые, в основном, изучают генетику качественных признаков, физиологи растений надмолекулярного уровня изучают только количественные признаки, при этом только в виде индексов. Интенсивность фотосинтеза или транспирации в абсолютном значении не имеет смысла (в отличие от «массы колоса» или «числа колосков в колосе»). Физиологи рассчитывают эти интенсивности на клетку, на единицу площади листа, на единицу массы листа (сырой или сухой), на число хлоропластов и т.п. Но отношение двух признаков и есть индекс, так что физиологи работают только с индексами.

Главный вывод ТЭГОКП: спектр и число продуктов генов, детерминирующих генетическую изменчивость любого признака продуктивности меняются при смене лим-фактора среды. Поэтому если объем понятия «генотип особи», отражающий всю совокупность генов генома стабилен и не меняется при сменах лим-фактора среды, то объем понятия «генотип признака» отражает очень лабильные числа и спектры продуктов генов от среды к среде. ТЭГОКП впервые показала, что в разных средах меняется информационная значимость индексов. В книге [6] описана ситуация, когда введенный нами индекс аттракции Иат (отношение массы колоса к массе соломины главного стебля) прекрасно «вылавливает» в расщепляющейся популяции пшеницы в Северной Индии (на фоне полива, оптимального минерального питания, оптимальной температуры и освещенности, когда генетические системы адаптивности не «выходят» на признаки «масса колоса» и «масса соломы») – ценные генетико-физиологические системы (ГФС) аттракции. Отбор по этому индексу повышает урожай будущего сорта. Но в Са-

ратове на фоне засухи Иат перестает работать, т.к. если в процессе селекции возникла ценная мутация или рекомбинация, повышающая засухоустойчивость данной особи, то у неё параллельно увеличатся оба признака, а Иат останется тем же. Чтобы повысить урожай на засухе, надо вести отбор по другому индексу - «максимальная общая сухая биомасса растения на фоне средней оводненности стебля и листьев». Стало ясно, что в одной среде Иат дает прекрасные селекционные результаты, а в другой его применение приводит к потере самых ценных генотипов. Поэтому новая теория селекционных индексов должна базироваться на ТЭГОКП, которая требует одновременного отслеживания развития признака по фазам онтогенеза и динамики лим-факторов среды.

В настоящее время в селекции растений используется множество индексов – около 20, [6, с. 73-75], но они никогда не привязывались к динамикам лим-факторов среды и никогда не распространялись на семь генетико-физиологических систем

(ГФС), открытых при развитии ТЭГОКП: аттракции; микрораспределений аттрагированной пластики в колосе между зерном и мякиной; адаптивности; горизонтального иммунитета; «оплаты» лим-фактора почвенного питания; толерантности к загущению; генетической вариабельности длин фаз онтогенеза.

Инициативы, возникшие после работ Г. Менделя - «надо изучать генетику признаков», подхваченные с 1900 г. генетиками, привела к нынешней ситуации, когда мы практически ничего не знаем о генетике индексов аттракции и микрораспределений, многих полигенных адаптивных свойств, горизонтального иммунитета, «оплаты» сухой биомассой низких доз N,P,K, важнейшей характеристики, повышающей урожаи – толерантности к загущению. Кое-что известно о вариабельности длин фаз онтогенеза (гены яровизации, фотопериодизма), но о полигенной вариабельности мы ничего не знаем. Т.е. мы практически не знаем генетики семи главных «рычагов» селекционного повышения урожаев. Очень мало известно о генетике важнейших групповых свойств фитоценозов: аллелопатии, конкурентоспособности, аменсализма, комменсализма, о генетике шунтирующих путей реализации гомеостаза урожая и т.п. Поэтому с позиций ТЭГОКП давняя традиция генетики – «надо изучать генетику признаков» - для признаков продуктивности не имеет смысла. В принципе на растении можно найти и замерить десятки и сотни тысяч признаков (их число может превышать число

генов в геноме). Изучив менделевскую или хеймановскую генетику каждого из этих признаков, мы получим огромный «ворох» экспериментальной генетической информации, но – совершенно бесполезной для селекционера. Для селекционеров гораздо важнее создать экспрессные методы точной идентификации семи ГФС, повышающих урожай в данной конкретной среде, а не генетическая (и тем более не молекулярная) характеристика признака продуктивности, которая обязательно изменится в следующем году, или в другой зоне выращивания.

Анализ конкретных модельных ситуаций и пригодность различных индексов.

1. Допустим, что F_2 популяция растет на делянке в Саратове (почвенная засуха в течение всего периода вегетации, более сильная во вторую его половину). Почвенная влага распределена по делянке неравномерно («ямки-бугорки»). Растение генетически заурядного генотипа, попавшее в ямку с водой и азотом даст более длинный и тяжелый колос. Отбор по абсолютным значениям «длины» и «массы» колоса приведет к грубой ошибке – селекционер отберет плюсовую модификацию. Если при этом использовать «канадский индекс» – Ки (отношение массы зерна в колосе к длине колоса, то модификационное влияние влажной микронишы исчезает и индекс «запишет» на себе эффекты «генов» аттракции. Но если растение с более тяжелым колосом – ценный генотип, растущий в средней или сухой микронише, то Ки «не заметит» этих ценных полигенов, и селекционер их отбросит так же, как ранее отбросил эффект влажной «ямки». Индекс опять «запишет» на себе только эффекты генов аттракции.

Чтобы различить какое из фенотипически мощных растений модификация, а какое – ценный засухоустойчивый генотип, необходимо в середине дня (когда выражен водный дефицит листьев) в фазу онтогенеза «начало молочной спелости» замерить импеданс – полное внутреннее сопротивление ткани флагового листа. Чем выше импеданс, тем более засухоустойчиво растение. Отбор надо вести по произведению величины импеданса на массу зерен с колоса. (Это тоже своего рода индекс).

2. Теперь рассмотрим, какую информацию может дать селекционеру канадский индекс (Ки), замеряемый в Западной Сибири (Тюмень, Омск, Новосибирск). Для этих зон типична весенне-летняя засуха (конец мая и весь июнь обычно без дождей). Яровая

пшеница в фазе кущения «пересиживает» эту засуху. Но в фазу кущения закладываются меристематические бугорки, число которых позже определит число колосков и зерен в колосе. Чем менее засухоустойчив генотип в фазу кущения, тем меньше зерен будет в колосе и короче будет колос. В июле-августе дожди и тепло обеспечат избыток продуктов фотосинтеза, которые в фазу налива устремятся в колос. Малое число зерен в колосе приведет к увеличению массы одного зерна, и Ки повысится. Если селекционер будет отбирать растения по высоким значениям Ки, это приведет к генетическому снижению засухоустойчивости в фазе кущения. Для Западной Сибири этот индекс не пригоден.

3. Рассмотрим информативность полтавского индекса (Пи) – отношение массы зерна с колоса к длине верхнего междоузлия. Масса зерна с колоса зависит от числа зерен в колосе (ЧЗК) и массы одного зерна (МЗ). Если в фазу кущения не было засухи, то ЧЗК будет высоким. Если в фазу налива не было жары, засухи или холода, то МЗ будет высокой. Если в фазы «выход в трубку» и «колошение» не было экологических стрессов, то Пи будет высоким тогда, когда верхнее междоузлие будет коротким. Т.е. повышение Пи в таком случае будет отражать генетическую моногенную (или полигенную) короткостебельность (известно, что гены короткостебельности наиболее сильно сокращают длину верхнего междоузлия). В этом случае Пи очень полезен для селекционера. Если же экологический стрессор «ударит» по фазе кущения, или фазе налива, или по фазе «выход в трубку», то Пи не сможет «записать на себе» ценную генетическую информацию.

4. Рассмотрим информативность нашего индекса микрораспределений пластических в-в колосе (отношение массы зерен в колосе к массе мякины) на фоне разных стрессоров по разным фазам онтогенеза – Им). Мякина (кроющие чешуи на зернах, ости, колосовой стержень) закладываются до фазы колошения, а масса зерен закладывается после цветения и окончательно формируется в фазу полной спелости. Если в обе фазы были нормальные условия роста, то Им «запишет» на себе действие ГФС микрораспределений, если был «удар» стрессором по фазе колошения, или по фазе налива – использовать Им бессмысленно.

5. При оценке ГФС адаптивности при отборах необходимо учитывать две важных характеристики каждого лим-фактора. 1) Имеет ли он собственную дисперсию, или не имеет, и 2) есть за не-

го конкуренция в фитоценозе, или нет. Так лим-фактор «почвенная засуха» имеет собственную дисперсию («бугорки-ямки» на делянке), и за почвенную влагу растения конкурируют между собой. Поэтому визуальному отбору на засухоустойчивость очень мешают три «шума»: экологическая дисперсия признака, дисперсия генотипической конкуренции и дисперсия экологической конкуренции. Эти три шума в сумме обычно превышают интересующую селекционера генотипическую дисперсию в 10-20 раз, так что визуальный отбор «вылавливает» из пяти тысяч отобранных по фенотипу генотипов только одно генетически ценное растение. Здесь необходимо использование регистратора импеданса. А вот лим-фактор «холод» - не имеет собственной дисперсии, и за него растения не конкурируют между собой. Поэтому эффективность визуального отбора на холодостойкость (на фоне холода) очень высока (в сотни раз эффективней отбора за засухоустойчивость) т.к. любое более высокое и мощное растение в F_2 есть нужный селекционеру холодостойкий генотип, не замаскированный никакими шумами (поэтому селекция на холодостойкость для продвижения растениеводства на север, к чему призывал Н.И. Вавилов, будет во много раз эффективней, чем селекция на засухоустойчивость.

6. При оценке ГФС «толерантность к загущению» (Тз) необходимо использовать индекс Тз – отношение биомассы с делянки максимальной плотности стояния к биомассе с делянки с плотностью стояния, принятой в производственных посевах данной зоны (оценка индекса Тз делается тогда, когда уже получено достаточное количество семян в семьях F_3-F_5).

7. При оценке ГФС «оплата» биомассой низких доз почвенного питания (Об) необходимо создание градиентов N,P,K (отдельных по каждому элементу) и использование индекса – отношение биомассы на низком уровне элемента к биомассе на оптимальном уровне.

Анализ механизмов детерминации признаков продуктивности с позиций геноцентрической парадигмы наследования и развития (поиски QTL) и с позиций эпигенетической парадигмы (смены наборов продуктов генов «под признаком» при смене лим-фактора среды). Эти знания очень важны для дальнейшего развития Эколого-генетической теории селекционных индексов.

1. В наши дни тысячи генетиков ищут QTLы (гены количественных признаков), реальное существование которых, как и полигенов, строго никем не доказано. Публикуется множество работ, в которых делаются попытки локализации QTL на хромосомах. Есть ли смысл в этих исследованиях?

Рассмотрим простой пример: два сорта пшеницы – у первого толстая и прочная кутикула, у второго – тонкая и рваная (генетический дефект). Если в начале фазы налива выпал сильный дождь, а потом наступила жара, то к середине дня оба сорта закроют устьица. Первый с толстой кутикулой прекратит транспирацию, его листья перегреются, налив зерен приостановится, признак «масса 1000 зерен» (МЗ) уменьшится. У второго сорта через рваную кутикулу транспирация будет идти, листья снизят температуру (на 6-10 градусов по сравнению с первым сортом) не перегреются, и МЗ увеличится.

Формальные поиски QTL «локализуют» «ген большой МЗ» на какой-то хромосоме, хотя это вовсе не «ген большой МЗ», а ген дефекта кутикулы (возможно менделевский).

А на фоне засухи при нормальной температуре первый сорт с толстой сплошной кутикулой сэкономит влагу, а второй потеряет её через рваную кутикулу. На фоне засухи МЗ будет больше у первого сорта и меньше у второго. Традиционные генетики скажут: «ген большой МЗ несет первый сорт», но на самом деле это просто отсутствие генетических дефектов в метаболическом пути синтеза восков, покрывающих лист (кутикулы).

2. Рассмотрим другой пример. Если сорт имеет слабую засухоустойчивость в фазу кущения (в эту фазу закладывается признак «число зерен в колосе» (ЧЗК), то на фоне засухи ЧЗК будет не 80-90, а 15-20 зерен. Если гены аттракции работают у этого сорта нормально, то на одно зерно придется больше пластических веществ, и МЗ увеличится. Т.е. генетический дефект – слабая засухоустойчивость в фазу кущения – увеличит МЗ. Традиционные генетики напишут статью: «Ген большой МЗ локализован в хромосоме №…» Но в реальности это совсем не так!

Если фаза кущения у другого сорта засухоустойчива, то в колосе будет 80-90 зерен, но МЗ при этом уменьшится, поскольку генетические различия по интенсивности фотосинтеза у разных сортов пшеницы практически равны нулю (работы А. А. Ничипорови-

ча [10]). А это значит – либо много зерен, но мелких, либо мало, но крупных.

Пока генетики не выработают в своих головах эколого-физиологического мышления и понимания физиологических компенсаторных процессов в растениях, пока они не начнут параллельно с динамикой развития признаков продуктивности следить за сменой лим-факторов среды по фазам онтогенеза, пока они не поймут, что есть лим-факторы, имеющие собственную дисперсию, и в фитоценозе за них есть конкуренция между растениями (например, низкий уровень почвенной влаги), и есть лим-факторы, не имеющие собственной дисперсии, и за них нет конкуренции (например, холод и жара), и есть лим-факторы с собственной дисперсией, но за них нет конкуренции (например, засоление почв), – до тех пор генетики никогда не научатся сами и не научат селекционеров строго научным алгоритмам управления селекционным процессом на повышение продуктивности и урожаев новых сортов.

Литература

1. **Лобашёв М. Е., Астауров Б. Л., Дубинин Н. П.** Современная генетика в решении задач селекции // Генетика, 1966. № 10. С. 22.
2. **Rosenberg A.** Darvinian Reductionism, or How Stop Worrying and Love Molecular Biology. Chicago university Press, 2006. 272 pp.
3. **Жученко А. А.** Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика. – Изд. «Просвещение-Юг», Краснодар, 2010. 486 с.
4. **Свердлов Е. Д.** Доклад на Семинаре по эволюционной и молекулярной биологии в Санкт-Петербургском Научном центре РАН. 10 октября 2017 г.
5. **Драгавцев В. А.** Уроки эволюции генетики растений. // Журнал «Биосфера». – 2012. Т. 4. № 3. С. 259, пункт 18.
6. **Кочерина Н.В., Драгавцев В.А.** Введение в Теорию эколого-генетической организации полигенных признаков. СПб. АФИ: Изд. «Дон-Боско», 2008. 87 с.
7. **Драгавцев В. А.** Генетика количественных признаков растений в решении селекционных задач. Диссертация на соискание уч. степени д.б.н. по специальности 03.00.15. Генетика. Ин-т Общей генетики АН СССР, Москва, 1985.

8. **Дьяков А. Б., Драгавцев В. А.** Разнонаправленность сдвигов количественного признака индивидуального организма под влиянием генетических и средовых причин в двумерных системах признаковых координат // В кн. Алгоритмы эколого-генетической инвентаризации генофонда и методы конструирования сортов с/х растений по урожайности, устойчивости и качеству. РАСХН, ВИР им. Н.И. Вавилова. – СПб. 1994. С. 22-47.

9. **Филипченко Ю. А.** Генетика мягких пшениц. 2-е изд. Москва, Наука, 1979. 311 с.

10. **Ничипорович А. А.** Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. Москва, 1972. 546 с.

INTRODUCTION TO THE ECOLOGO-GENETIC THEORY OF SELECTION INDICES

V. A. Drahavtsev, I. M. Mikhaylenko

Key words: *theory of ecological-genetic organization of quantitative traits, ecological-genetic theory of breeding indices, dynamics of lim-factors of environment*

УДК 581.5:575

МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. А. Жученко-мл., академик РАН
ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва,
ecovilar@mail.ru

Резюме: Работа посвящена роли рекомбиногенеза в эволюции, адаптации и селекции высших растений. Фундаментальные исследования академика Александра Александровича Жученко в области частной и экологической генетики культурных растений, рекомбиногенеза, биомониторинга, агроэкологии, селекции, сортоиспытания и семеноводства, защиты растений получили мировое признание.

Ключевые слова: *адаптация, рекомбиногенез, экология, селекция, экологическая генетика.*

Статья посвящена памяти академика Александра Александровича Жученко, который сумел поставить государственные научные проблемы растениеводства и показал главные пути их решения для достижения продовольственной безопасности России в XXI веке.

Впервые в мировой практике академик А.А.Жученко создал школу экологической генетики, современную научную базу на мировом уровне - Институт экологической генетики, где провел системный анализ адаптивного потенциала культурных растений, экспериментально выявил важнейшие особенности и качественно новые механизмы адаптивных реакций в онтогенезе и филогенезе, а в дальнейшем фундаментально расширил основные положения частной и экологической генетики культурных растений, эколого-генетических основ адаптивной системы селекции и семеноводства растений, фундаментальных основ отечественного адаптивного потенциала растениеводства и стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства в регионах Российской Федерации.

Ученым России и зарубежных стран А.А. Жученко широко известен как видный ученый-биолог, который создал школу по экологической генетике (под его руководством защищены 61 докторская и кандидатская диссертации).

Опубликовано 665 его научных работ, в т.ч. 25 монографий, 34 авторских свидетельства, получивших высокую мировую оценку ученых (см. рецензии на труды А.А. Жученко: Gichner T., Biologia plantarum, 1982, Vol.24, N6. P.406; Robbelen G., Z. fűr Pflanzenzűcht, 1983, Bd 91, N1, S.86; Grebenschikov I., Biol. Zentralblatt, 1984, Bd 103, N4, S.103; Драгавцев В.А. С.-х. биология. Сер. Биология растений, 2002, №1, С.125-126; Шумный В.К., Сидорова К.К., Генетика, 2004, Т.40, №7.С.106-107; см. публикации о А.А. Жученко: Rich V. Scientists take share of blame for this year's poor Soviet harvest, Nature: Intern. Weekly J. Sci., 1987, Vol.329, N 6138, P.382; Zhuchenko Alexander, Who's Who in the world: 9th edition 1989-1990. Wilmette (USA), 1990.; Zhuchenko Alexander Alexsandrovich, Intern. Biogr. Centre: Men of achievement. Cambridge, 1991; и многие другие) [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Вызовы XX века, по А.А. Жученко: тенденция уменьшения биоразнообразия; интенсификация селекции на адаптивность при максимальной мобилизации мировых генетических ресурсов; возникновение эпифитотий из-за снижения биоразнообразия; загрязнение окружающей среды и изменение климата; *status quo* вида и его роль в средосохранении; эволюционная «память» человека о среде обитания; спрос в будущем при таких темпах роста численности населения и загрязнения окружающей среды, предъявляемого к сортам, гибридам и возделываемым популяциям растений потребителями, перерабатывающей промышленностью и производителями; развитие эффективных биотехнологий длительного хранения и быстрого размножения растений, создание молекулярных технологий; мобилизация мировых генетических ресурсов для создания средоулучшающих ландшафтов, адаптивных агроландшафтов, средосохраняющих, средообразующих и средоулучшающих фитотехнологий в сельском хозяйстве, мегаполисах, городах и промышленных центрах; необходимость развития экологической экономики и экологического образования.

Стремительно развивался спрос на генетические ресурсы растений, так как на сбор генетических ресурсов в мире тратилось более 55 млн. долл. в год, в США – 13.9 млн. долл. Ежегодные затраты ведущих стран мира на генетические программы по улучшению 1-2 признаков (рис, соя, кукуруза и др.) 100-300 млн. долл. США. Развивающиеся страны, на территории которых находится до 70% всего разнообразия зародышевой плазмы Земли, самостоятельно не

в состоянии обеспечить необходимое финансовое покрытие комплексного изучения и сохранения генетических ресурсов.

По данным Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП), в мире из 300 тыс. видов высших растений лишь 1 % достаточно детально исследован на предмет практического использования, тогда как под угрозой исчезновения находится до 10 %. При этом, 99 % обрабатываемой территории занимают до 1000 видов и 50 % этой площади приходится на 8 главных пищевых культур: пшеницу, рожь, ячмень, овес, кукурузу, просо, сорго и рис. В мире началась «погоня» за генами, так как новый «признак», как правило, во многом определяет экономическую эффективность сорта и в конечном итоге агротехнологии.

На практике, наряду с Государственным реестром селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, должен быть Государственный заказ на реестр селекционных признаков для использования в селекционных программах РФ для каждой культуры и рисков в зонах товарного ее производства (по устойчивости к засухе, полеганию, низким и высоким температурам, засолению, болезням, вредителям, к кислым почвам, загазованности и др.). Поэтому между селекционными фирмами идет жесткая конкуренция в «погоне за генами» для культивируемых видов, контролирующих устойчивость растений к патогенам (особенно к вирусам, грибам, нематодам и бактериям карантинного значения для всех континентов) и детерминирующих сочетание раннеспелости, продуктивности, устойчивости и качества продукции и др.

В середине XX века в селекции разных видов растений методологической основой, как правило, считалась общая генетика. Поэтому мировой научный приоритет академика А.А. Жученко принадлежит в развитии частной генетики культурных растений.

На основе получения первых многолетних экспериментальных данных комплексного изучения рода *Lycopersicon* Tourn., включая эволюцию, систематику, физиологию, эмбриологию, цитологию, математику, создание идентифицированных (паспортизированных) коллекций, изучение образцов мировых коллекций по урожайным, морфологическим, физиологическим и цитологическим признакам, создание линий, форм, мутантов, многомаркерных мутантов, сортов, сортовой генеалогии, агротехники, создание гетерозисных гибридов, разработка статистического анализа, методологической базы в оценке частоты рекомбинаций, комбинационной способности,

построении генетических и цитологических карт, совершенствовании вегетационных, тепличных и камеральных опытов, систем сортоиспытания и семеноводства и др.

Книга «Генетика томатов» вышла в 1973 году, а в 1974 году ей была присуждена первая золотая медаль Н.И. Вавилова. Она стала настольной книгой многих селекционеров. Академик Христо Даскалов, давая высокую оценку «Генетике томатов» сказал, что все теоретические вопросы генетики рассмотрены в ней не оторвано, а целенаправленно, с учетом их практического использования в селекции. Академик Петр Михайлович Жуковский отметил, что даже пшеница не удостоилась такой монографии [1, 2]. В это время практически во всех НИИ создавались лаборатории генетики, а основой и методологией этих работ стала книга А.А. Жученко «Генетика томатов», что послужило росту урожайности в тот период практически не только по томатам, но овощным и зерновым культурам.

В 1968 году под руководством А.А. Жученко был создан первый в СССР и мире памятник Н.И. Вавилову в городе Тирасполе на территории Молдавского НИИ орошаемого земледелия и овощеводства.

Во второй половине XX века начался стремительный процесс «экологизации» многих биологических дисциплин. Ученых всех стран захватила проблема, как накормить человечество при повсеместном загрязнении окружающей среды, увеличении численности населения и зависимости урожаев от все новых капризов погоды? Как в будущем создавать новые адаптивные сорта, сочетающие признаки урожайности, качества и устойчивости?

Одним из таких новых направлений, синтезирующим знания в области генетики и экологии, стала попытка E.B. Ford соединить экологию и генетику в 1964 году. Однако о неудаче первых книг по экологической генетике свидетельствуют слова известного американского биолога и генетика R. C. Lewontin: «Недостаточно показать, что жаркое лето благоприятствует бесполосым раковинам, а улитки с желтой раковиной встречаются там, где зима холоднее» [3,4].

Авторов работ под названием «экологическая генетика» критиковали известные генетики в отсутствии единства и целостности попыток объединить генетику и экологию в единую дисциплину, не отвечающую на главную цель новой науки в тот и современный пе-

риоды – какие механизмы и положения стабильного производства продуктов питания в условиях глобального экологического кризиса?

Ученые особо подчеркивали формальный характер такого объединения, пытаясь придать «экологической генетике» статус самостоятельной научной дисциплины без раскрытия фундаментальных основ влияния экологических факторов на наследование и изменчивость признаков у высших организмов, на рекомбиногенез и формообразование, на адаптивную селекцию и семеноводство, на защиту растений и адаптивное растениеводство, и т.д. [1, 2].

В тот период времени относительно мало было экспериментальных данных о влиянии экзогенной среды на рекомбинацию, особенно для растений. Рекомбиногенез, как правило, исследовался отдельно, в отрыве от формообразовательного процесса, от целей и задач практической селекции культурных растений, в эволюции и селекции он не рассматривался системным фактором адаптивного потенциала культурных растений, влияющим на механизмы адаптации в онтогенезе и филогенезе, основные положения общей генетики не отвечали особенностям частной генетики культурных растений, отсутствовала теория и практика экологической генетики культурных растений, не было сформулировано эколого-генетических основ адаптивной системы селекции растений и формирования адаптивного потенциала растениеводства, стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства в XXI веке с учетом ошибок XX века и т.д. И все это было в период стремительного роста в конце XX и начале XXI столетий социального заказа на комплексное изучение экологии и решение насущных проблем – как накормить все человечество?

В 1980 году вышла книга академика А.А. Жученко «Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз)», основанная на обширных экспериментальных данных по рекомбиногенезу у дрозофилы, томата, арабидопсиса, кукурузы, пшеницы, декоративных растений и др., полученных в созданном им первом в мире, институте Экологической генетики и обширных обобщающих материалах по адаптации, агробиоценологии и экологии. В книге впервые показан адаптивный потенциал культурных растений как функция взаимосвязи генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации, академик Александр Александрович Жученко сумел поставить государ-

ственные научные проблемы растениеводства, и показал главные пути их решения в будущем для достижения продовольственной безопасности России в XXI веке [1]. А.А. Жученко впервые сформулировал роль экологической генетики культурных растений, биомониторинга растений на уровне растения, популяции и агроландшафта в изучении адаптации в системе «генотип–среда».

В институте экологической генетики 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 овощных, зерновых, кормовых, плодовых и других растений, фотосинтез, транспирацию, водопотребление и формирование урожая разных культур, гибридов и сортов в фитотронах и на полях [3, 4]. Для этих целей Центром автоматизации и метрологии (ЦАМ) и Институтом экологической генетики был впервые разработан и введен в эксплуатацию проблемно-ориентированный информационно-измерительный комплекс БИОТРОН, являющийся автоматизированной системой научных исследований (АСНИ БИОТРОН). АСНИ БИОТРОН обеспечивал проведение комплексных, многопараметрических исследований динамики адаптивных реакций растений на органном, организменном и популяционном уровнях в контролируемых условиях среды с автоматизированной обработкой полученной информации на основе специализированных пакетов программ. Все это позволяло получать качественно новую информацию об адаптивных реакциях культурных растений в селекции и семеноводстве, в агроценозах и т.д.

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, позволяющий получить наиболее точную оценку адаптивности сорта в конкретном месте его выращивания, новых рекомбинационных характеристик гибридов в зависимости от условий внешней среды, новой информации в системе «генотип-среда», например, для идентификации (паспортизации) образцов мировых коллекций культурных растений и т.д. Новые методы обеспечивали наблюде-

ния в динамике и на расстоянии за реакциями отдельных культур, сортов, гибридов, форм и генотипов на изменения критических (стрессовых) факторов внешней среды, влияющих на процессы рекомбиногенеза, формообразования, отбора признаков продуктивности, устойчивости и качества [1, 2, 6].

Известные генетики, например, Эрнст Майр говорил, что в адаптации приоритет мутаций принадлежит низшим организмам (бактериям и вирусам), а у высших эукариот первостепенную значимость имеет мейотическая рекомбинация. Так, Джордж Стеббинс образно сравнивал мутации с бензином, рекомбинации с мотором, а водителя с отбором.

Арне Мюнтцинг считал рекомбинацию краеугольным камнем селекции.

Академик РАН Дубинин Николай Петрович говорил об одностороннем увлечении мутагенезом, что оставило в стороне другой могущественный фактор эволюции и селекции – рекомбиногенез. В своей книге «Генетика – страницы истории, 1988» Николай Петрович Дубинин выделил три работы того времени, заслуживающие высокой оценки: обоснование биотехнологии (Ю.А. Овчинников), разработка принципов экологической генетики как основы адаптивной интенсификации сельского хозяйства (А.А. Жученко) и открытие мобильных диспергированных генов (Г.П. Георгиев, В.А. Гвоздев).

Академик С.Г. Инге-Вечтомов в Вестнике ВОГИС, 2009, т.13, №2, С. 362-371 отметил, что большое внимание экологической генетике уделяет в нашей стране А.А. Жученко, организовавший в СССР первый институт экологической генетики (стр. 363).

Профессор Калифорнийского университета Чарльз Рик отметил очень широкую перспективу, поднятую в работе А.А. Жученко «Экологическая генетика культурных растений», которая заслуживает высоких похвал [3,4].

В Институте экологической генетики впервые в мире было показано, что получить надежные сравнительные характеристики проявления и перераспределения рекомбинационных, адаптивно значимых и хозяйственно ценных количественных признаков у разных видов, сортов, гибридов и форм растений можно только на основе одновременного и многопараметрового съема соответствующей информации в проблемно-ориентированных модулях, позволяющих не только регулировать параметры температуры, влажно-

сти, освещенности и минерального питания в заданных пределах, но и производить оценку динамики изменения основных адаптивных реакций и их взаимосвязей. Данные исследования и научно-экспериментальная база по предложению президиума РАН были преобразованы во Всесоюзный центр биологических исследований в системе РАН [3, 4].

В 80-е годы XX столетия в рамках экологической генетики А.А. Жученко впервые была рассмотрена проблема всевозрастающей «цены» каждой дополнительной пищевой калории, которая системно была увязана с эволюционными механизмами биоразнообразия, рекомбиногенеза, адаптации, селекции и др.

При этом в книге «Энергетический анализ в сельском хозяйстве» (1983) экспериментально и теоретически показано, что увеличение затрат при интенсификации сельскохозяйственного производства часто является своеобразной «платой» за разрушение биологического равновесия в агроэкосистемах, в основе которого лежат генетическая однородность культивируемых растений на видовом, популяционном и организменном уровнях, а также изменение структуры подсистем агробиоценоза вследствие наращивания использования удобрений и пестицидов. Так, удвоение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур, требует десятикратного увеличения затрат исчерпаемых ресурсов, в т.ч. 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 химико-техногенной его интенсификации – лишь 2–4, т.е. в 10–20 раз меньше [1, 2].

В области интересов экологической генетики культурных растений недостаточно были изучены вопросы управления формообразовательным процессом при гибридизации: причины рекомбинационной изменчивости и методы ее оценки у высших растений на органном, организменном и популяционном уровнях; роль особенностей архитектуры репродуктивных систем вида в рекомбинационных процессах во времени и пространстве; влияние секторного транспорта ассимилятов на формирование рекомбинантных гамет и зигот в пыльниках, цветках, плодах, соцветиях и т.д. в системе узнавания «свой или чужой» при искусственном регулировании репродуктивной нагрузки; зависимость синхронности репродуктивных и рекомбинационных процессов во времени и пространстве и

их влияние на процессы формообразования; взаимосвязь уровня рекомбинации и степени селективной элиминации гамет и зигот в разных экзогенных условиях; зависимость частоты рекомбинации от величины гетерозиса и конкурентоспобности гибридов; влияние частоты кроссинговера на квазисцепление и т.д. [1,2].

Актуальность данных вопросов обусловлена многогранностью различных механизмов регулирования формообразовательного процесса у растения на разных стадиях селекционного процесса при комплексном рассмотрении проблемы «растение как система». Например, разница в высвобождении спектра генотипической изменчивости имеет особое значение у высших организмов, которая может быть обусловлена коротким или сравнительно длительным жизненным циклом развития.

Очевидно, что генетические системы, контролирующие выход генотипической изменчивости в филогенезе и генетические системы, контролирующие онтогенез не должны быть селективно-нейтральны, выявлено влияние систем размножения на формирование потенциальной и свободной рекомбинационной изменчивости. Так, самоопыляющимся видам высших растений, как правило, свойственна высокая частота хиазм и высвобождение относительно существенной генотипической изменчивости, наоборот, у перекрестноопыляющихся растений частота обменов на бивалент обычно ниже, а выход изменчивости, как правило, осуществляется регулярно из поколения в поколение, но малыми порциями [1,2], что объясняет один из механизмов компенсаторности в формировании рекомбинационной изменчивости у высших растений, обеспечивающий сбалансированную реализацию потенциала генотипической изменчивости в онтогенезе и филогенезе, в частности, в зависимости от системы размножения.

Таким образом, обширные экспериментальные данные об изменчивости рекомбинационных характеристик под влиянием экологических факторов, зависимости объективных оценок и практических результатов от дифференцированного подхода к растению как системе с учетом биологического потенциала видов высших растений может способствовать познанию совокупности механизмов, определяющих формирование рекомбинационной изменчивости на разных уровнях, что позволит дополнить методологию её оценки, а также обеспечит создание новых и эффективно действу-

ющих генетических методов, интенсифицирующих селекционный процесс.

«Из понимания ведущей роли рекомбинационной изменчивости в селекции растений неизбежно следует вывод о том, что в основу теории и практики селекционных программ должны быть положены современные представления о механизмах и генетическом контроле рекомбинаций у высших растений, взаимосвязи генетических систем онто- и филогенетической адаптации, системой регуляции потенциальной генотипической изменчивости и ее перехода в свободную и доступную отбору…», поэтому «современные представления об адаптивном потенциале, вытекающие из экологической генетики культурных растений, базируются на многих положениях: адаптивном потенциале культурного вида растений…, методов эндогенного и экзогенного индуцирования мейотической рекомбинации, эволюционного компромисса между максимальной приспособленностью высших эукариот в онтогенезе и сохранением их способности к генотипической изменчивости в филогенезе…и др.» [2, с.390-433].

Академик А. А. Жученко считал главными приоритетами XXI века следующие направления: в селекции сочетание высокой потенциальной урожайности с экологической устойчивостью и качеством (на уровне сортов и агроценозов), уменьшение цены дополнительных (на повышение урожайности) пищевых калорий; в ответ на изменение климата нужна преадаптивная (упредительная) селекция и сохранение биоразнообразия; создание пространственно-репрезентативной эколого-географической и агрометеорологической сети ВИРа и селекцентров, обеспечивающей наиболее эффективный поиск искомых генотипов и устойчивое воспроизводство генетических коллекций; коренное улучшение работы системы государственного сортоиспытания (достоверность и полнота оценок, правильный выбор стандартов и др.); определение наиболее благоприятных почвенно-климатических зон устойчивого производства высококачественных семян важнейших сельскохозяйственных культур; опасность экспансии зарубежных сортов и гибридов.

В одной из последних книг «Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина (теория и практика)» (Краснодар, ВНИИ риса, 2010. 485 с.) академик А.А. Жученко говорил, что *«Пересмотр жизненной стратегии Homo sapiens, уникальность которого чрезмерно преувеличена, связана с*

опасностью того, что Человек, как и другие неумеренные биологические виды, будет отметен естественным отбором в условиях глобального загрязнения!, ... вот почему так актуальны сегодня новые знания по экологической генетике!» (с. 408).

Литература

1. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз). Кишинев, Штиинца, 1980. 587 с.

2. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Краснодар: ВНИИ риса, 2010. 485 с.

3. Александр Александрович Жученко/ сост.: Е.В. Хижняк, М.А. Маслова; Авт. вступ. Дубинин Н.П., Балашова Н.Н.; Ред. Боровских И.В. М., 1995. 85 с. (Материалы к биобиблиогр. деятелей с.-х. науки / ЦНСХБ Россельхозакадемии).

4. Александр Александрович Жученко/ сост.: Е.В. Хижняк, М.А. Маслова; Авт. Вступ. Балашова Н.Н.; Ред. И.В. Боровских. М., 2000. 120 с. (Материалы к биобиблиогр. деятелей с.-х. науки/ ЦНСХБ РАСХН).

5. Александр Александрович Жученко/ сост.: Е.В. Хижняк, М.А. Маслова, И.В. Боровских .М., 2005. 160 с. (Материалы к биобиблиогр. деятелей с.-х. науки/ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии).

6. Александр Александрович Жученко/ сост.: Е.В. Хижняк, М.А. Маслова, И.В. Боровских – М., 2010. 184 с. (Материалы к биобиблиогр. деятелей с.-х. науки/ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии).

ADAPTATION MECHANISMS IN AGRICULTURE

A. A. Zhuchenko-jr.

Summary: The work is devoted to the role of recombinogenesis in the evolution, adaptation and selection of higher plants. Fundamental research of academician Alexander Alexandrovich Zhuchenko in the field of private and environmental genetics of cultivated plants, recombinogenesis, biomonitoring, agroecology, breeding, variety testing and seed production, plant protection have received worldwide recognition.

Key words: *adaptation, recombinogenesis, ecology, selection, ecological genetics.*

УДК 633.63:631.52

РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА УСТОЙЧИВЫХ И АДАПТИВНЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В РФ НА 2018–2025 ГОДЫ

А. В. Корниенко, член-корреспондент РАН, профессор,
С. И. Скачков,
Л. В. Семенихина,
Ю. Н. Мельников,
ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова», Воронежская обл., Рамонь, п. ВНИИСС,
kav250240@mail.ru

Резюме: Развитие исследований с использованием новых направлений нано-биотехнологии, генетики, селекции и семеноводства в РФ на период 2018-2025 годы будет способствовать существенному увеличению доли семян отечественных гибридов сахарной свёклы, которая должна составлять не менее 50 %. Это будет достигнуто за счет решения проблемы инновационного и импортозамещающего развития всего свеклосахарного производства, восстановления производства предбазисных и базисных семян, обеспечивающего получения отечественных устойчивых адаптивных гибридов в количестве не менее 650000 посевных единиц.

Ключевые слова: *биология, генетика, селекция, семеноводство, устойчивость, адаптивность, болезни.*

По площади посевов сахарной свеклы Российская Федерация (более 1000 тыс. га) находится на первом месте в мире, опережая такие страны как США (490 тыс. га), Германия (350 тыс. га) и Франция (280 тыс. га).

Однако в последние годы около 97 % посевных площадей под культурой засевается импортируемым семенным материалом зарубежной селекции, что крайне отрицательно влияет на продовольственную безопасность, технологическую и экономическую устойчивость функционирования всего свеклосахарного комплекса.

Россия стала крупнейшим в мире рынком сбыта семян сахарной свеклы, ежегодный объем которого в натуральном выражении составляет около 1,5 млн. посевных единиц (с учетом объемов для

пересева). В текущих ценах стоимость импортируемых семян сахарной свеклы превышает 135 млн. долларов.

Однако в отрасли не удалось обеспечить внедрения прогрессивных методов биотехнологии в селекционный процесс, а также организовать промышленное выращивание семян сахарной свеклы по современным технологиям в связи с упразднением управления «РОССАХСВЕКЛА» при Минсельхозе и отсутствие государственного финансирования [2,5].

Цели, задачи исследований, материал и методы. Целью исследований является разработка концепции, формирование отечественного посевного фонда сахарной свеклы на основе совершенствования существующих и создания новых селекционных достижений посредством применения передовых методов генетики и биотехнологии с внедрением полученных результатов в свеклопригодные регионы Российской Федерации для обеспечения импортонезависимости производственного цикла выращивания сахарной свеклы и повышения конкурентоспособности полученного сахара и другой продукции отрасли.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- создание на основе передовых методов генетики и биотехнологии новых высококонкурентных устойчивых и адаптивных гибридов сахарной свеклы для различных зон свеклосеяния Российской Федерации;
- формирование посевного фонда родительских компонентов (базисных и предбазисных) современных адаптивных гибридов сахарной свеклы;
- разработка перспективных технологий организация промышленного семеноводства и семеноведения культуры в различных агроэкологических зонах, обеспечивающих высокий коэффициент размножения и качество получаемого семенного материала;
- обеспечение исследований и разработок современной приборно-аналитической и материально-технической базой;
- реализация комплекса мероприятий, направленного на стимулирование сбыта семян гибридов отечественной селекции на внутреннем и внешних рынках [2,4].

Результаты исследований и их обсуждение. Для производства 650 тыс. п.е. семян высокого качества необходимо выращивать около 4500 т вороха свеклосемян. Исходя из рационального баланса

себестоимости производства и климатических рисков, целесообразно до 1000 га семенников выращивать высадочным способом, а 2000-2500 га семенников размещать в зонах безвысадочного семеноводства.

Производство элитных (базисных) семян культуры предполагается осуществлять как высадочным, так и безвысадочным способами, с ежегодным объемом производства до 50 т калиброванных семян, в опытно-производственных хозяйствах и других категорий учреждений, под контролем оригинаторов- селекционеров.

Отличительной чертой, приоритетным направлением фундаментальных, экспериментальных и прикладных исследований по генетике, биотехнологии и селекции сахарной свеклы на адаптивность в настоящее время является разработка и использование методов на молекулярном уровне в сочетании с классическими, а именно:

1. Использование ассоциативного картирования для определения взаимосвязи между маркером генотипа и фенотипом растений и установление различий между плейотропным эффектом и эффектом сцепления облигатных и факультативных генов.

Значительное внимание в исследованиях должно уделяться изучению проявления признаков генотипа свеклы, которое необходимо для познания закономерностей его функционирования. В настоящее время созданы пилотные генетические карты групп сцепления свеклы (LG), основанные на RFLP, RAPD и AFLP маркерах, с которыми объединены несколько экспрессированных уникальных генов, в том числе мутантных. В последнее время стали доступными инсерционные YAC и BAC клоны и осуществлено клонирование для идентификации гена, ответственного за устойчивость к ряду заболеваний, а также QTL-маркеры для признаков урожая и качества сахара. Предложены кандидатные гены для использования в маркерной селекции с использованием самого многочисленного класса молекулярных маркеров SNP (однонуклеотидных замен) [1,3].

2. Изучение генетики устойчивости к вредителям, болезням и абиотическим стрессам, разработка методов ранней диагностики и методов борьбы с ними интенсивно проводится с использованием диких видов свеклы. Исследование и создание устойчивых форм и гибридов к вирусным (ризомания, желтуха и др.) и бактериальным заболеваниям наряду с изучением растений проводится параллель-

но с изучением генетики самих бактерий и вирусов на основе РНК маркеров [1].

3. Проведение исследований генетической изменчивости, с использованием рекомбинации генов между негомологичными хромосомами сахарной и дикой свеклы. Наибольшее влияние на процессы селекции оказала биотехнология, которая значительно расширила и дала возможность следить за переносом генов. При этом особое значение для селекции сахарной свеклы в связи с созданием устойчивых и адаптивных гибридов без потери продуктивности в разных зонах имеют методы направленного мутагенеза и классической селекции. Этими методами получены гибриды сахарной свеклы, адаптированные к росту в условиях засоления. Параллельно проводятся исследования по изучению экспрессии чужеродных генов в геноме свеклы, применяя метод Саузерн – блотт-гибридизации [1,7].

4. Использование нового подхода, называемого интерференцией, то есть с помощью конструкции антисмысловой-РНК, для повышения продуктивности сахарной свеклы за счет усиления процессов свободного дыхания, фотосинтеза и холодного ядерного синтеза.

5. Для интенсификации процесса высадочного и безвысадочного семеноводства сахарной свеклы, а также повышения качества посевного материала и снижения уровня затратности его производства необходимо усовершенствовать технологические приемы и технические средства выращивания растений первого и второго года жизни. Требуется разработка приемов формирования оптимальных характеристик растений, уходящих под зиму и посадочного материала родительских компонентов гибридов сахарной свеклы, заключающаяся в оптимизации питания растений маточной свеклы, сроков и густоты посева, которые обеспечивают высокий коэффициент выхода корнеплодов. Усовершенствовать агротехнические приемы посадки и ухода за семенными растениями путем разработки и внедрения влагоэнергосберегающей технологии высадки маточных корнеплодов, заключающейся в полосном рыхлении почвы только в зоне рядка высаживаемых корнеплодов, применении средств защиты культуры и формировании габитуса семенных растений [5].

6. Проводить исследования и внедрять технологии, обеспечивающие повышение сохранности корнеплодов маточной свеклы

при высадочном способе. Это достигается за счет прогрессивных способов хранения и защиты от комплекса возбудителей кагатной гнили корнеплодов на основе регулирования физических факторов среды в процессе хранения и применения комплекса химических и биологических препаратов фунгицидного действия [2,6].

Использовать разработанные отечественные составы дражировочной массы, учитывающие реакцию генотипов разных гибридов, агроклиматические условия зон высева и содержащие комплекс высокоэффективных препаратов ростостимулирующего и защитного действия. Для внедрения интенсивных приемов семеноводства в производстве необходимо разработать отечественную специализированную технику: комбинированные сеялки точного высева, средства для уборки маточной свеклы, посадочные машины для высадки мелких корнеплодов, средств формирования оптимального типа куста, средств для доопыления семенных растений, срезки и обмолота семян.

7. Исследования по вышеперечисленным направления необходимо осуществлять в пределах России между специалистами НИИ, университетов и частных сахаропроизводящих компаний в рамках международного сотрудничества.

Создание нового поколения высокопродуктивных конкурентных устойчивых и адаптивных гибридов сахарной свеклы с повышенным выходом качественной сахарозы в 2018-2025 гг. предусматривает повышение их продуктивности (сбор сахара до 11,6 т/га), устойчивости к возбудителям болезней листового аппарата и корнеплодов, адаптации к условиям возделывания. Эти гибриды нового поколения должны иметь потенциальную урожайность 50-60 т/га, сахаристость не менее 17,5-18,5 %, быть приспособленными к современным механизированным способам уборки, иметь полу- и прямостоячую розетку листьев, овально-коническую форму корнеплода с погруженностью его в почву на 70-80 %, хорошую лежкоспособность и высокие технологические качества, обеспечивающие выход сахарозы в пределах 8,75-11,6 т/га.

В перспективе до 2025 года будет создано не менее 10-15 гибридов сахарной свеклы, предназначенных для возделывания во всех почвенно-климатических зонах свеклосеяния Российской Федерации, Белоруссии, Казахстана и Туркменистана.

Для устойчивого развития репродуктивного семеноводства сахарной свеклы необходимо обеспечить ежегодное выращивание в

достаточном количестве семян родительских компонентов (элиты), и, соответственно, исходного материала (суперэлиты) районированных гибридов культуры, пригодных для возделывания в различных зонах свеклосеяния России [5].

Высокоэффективное производство семян осуществляется в оптимальных географических зонах, а также в зонах их реализации и производства сахарной свёклы. Макроэкологическое районирование базисного семеноводства сахарной свеклы будет производиться в Центрально-Федеральном (ЦФО) и Южном федеральных (ЮФО) округах, а репродуктивное семеноводство – в ЦФО, ЮФО, Северо-Кавказском (СКФО) и Крымском федеральных округах (табл.).

Таблица

Предполагаемые объемы и регионы производства семенного материала, 2025 год

Регион производства	Площадь семенников, га	Валовой сбор семян, тонн	Количество готовых семян, тонн/п.е.
Предбазисных семян (суперэлита)			
ЦФО	21	6,9	2,3 тонны
ЮФО	5	1,5	0,5 тонны
Базисных семян (элита)			
ЦФО	120	95	35,2 тонн
ЮФО	35	25	7,1 тонн
Репродуктивных семян (F1)			
ЦФО	1000	1450	210000 п.е.
ЮФО	550	1325	115000 п.е.
СКФО	550	1325	115000 п.е.
Республика Крым	1000	1450	210000 п.е.
ИТОГО	3100	4550	650000 п.е.

Мезоэкологическое районирование предбазисного и базисного семеноводства будет произведено по месту нахождения учреждений-оригинаторов культуры: в Рамонском районе Воронежской области, Льговском районе Курской области и Гулькевическом районе Краснодарского края.

Реализация результатов исследований позволит к 2025 году обеспечить объем валового производства семян сахарной свеклы до 4650 тыс. тонн, производство дражированных семян в количестве 650 тыс. п.е. и довести до 50% долю гибридов отечественной селекции в структуре посевов культуры.

Выводы. Системный комплексный подход к решению проблемы инновационного, импортозамещающего адаптивного развития свеклосахарного производства, в частности, селекции, семеноводства, обеспечение качества и количества посевного материала, существенное увеличение доли отечественных семян сахарной свеклы за счёт увеличения производства базисных и предбазисных семян гибридов российской селекции, значительного повысит устойчивость, адаптивность и конкурентоспособность на внутреннем рынке и тем самым, создаёт необходимые условия для интеграции в общую систему международной торговли семенами сахарной свеклы РФ.

Это даст возможность повысить среднюю урожайность сахарной свеклы во всех категориях хозяйств до 40-50 т/га, сократить потери продукции при хранении до 3,0 %, улучшить экономические параметры производства.

При успешной реализации результатов исследований возможно достижение запланированных показателей роста в отрасли:

- производство семян сахарной свеклы отечественной селекции – 650 000 посевных единиц, что составит 50 % от общего объема потребления;
- производство сахарной свеклы в зачетном весе не менее 40,0 млн. тонн;
- выработка сахара-песка – 5,6 млн. тонн, что полностью обеспечивает потребность страны в данном продукте.

Таким образом, выход на указанные объемы производства семян устойчивых и адаптивных гибридов сахарной свеклы отечественной селекции позволит обеспечить необходимый уровень продовольственной и экономической безопасности по сахару и его качеству.

Литература

1. Авдеев Ю. А. Генетический анализ количественных признаков растений/Ю.А. Авдеев. Астрахань, ООО «Новая линия», 2003. 202с.

2. Корниенко А. В. Анализ и стратегия развития свеклосахарного подкомплекса России на период до 2020 года / А. В. Корниенко, И. В. Апасов, П. А. Чекмарёв и др. Рамонь, 2009. 101 с.

3. Корниенко А. В., Буторина А. К. Генетика и селекция сахарной свёклы (прошлое, настоящее и будущее). Воронеж: Воронежский ЦНТИ, 2012. 391 с.

4. Корниенко А. В., Буторина А. К. и др. Концепция развития селекции сельскохозяйственных растений на устойчивость к био- и абиотическим факторам в российской федерации на период до 2020 года. Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2012. 222 с.

5. Спиваков А. А. Пути активизации экономического роста в аграрном производстве. – М.: ФГОУ ДПОС РАКО АПК. 2010. 172 с.

6. Шаззо Р. И., Касьянов Г. И. Функциональные продукты питания. – М.: Колос, 2000. 248 с.

7. Le Moigne J. L. La Theorie du Systeme general. Monaco, 1983.

DEVELOPMENT OF SELECTION AND SEED-GROWINGSUSTAINABLE AND ADAPTIVE HYBRIDS OF SUGAR BEET IN RUSSIA 2018-2025 YEARS

A. V. Kornienko, S. I. Skachkov, L. V. Semenihina, Y. N. Melnikov

Summary: Development of research using new areas of nano-biotechnology, genetics, breeding and seed production in the Russian Federation for the period 2018-2025 will contribute to a significant increase in the share of seeds of domestic hybrids of sugar beet, which should be at least 50 %. This will be achieved by solving the problem of innovative and import-substituting development of the entire sugar beet production, restoring the production of pre-basic and basic seeds, ensuring the production of domestic sustainable adaptive hybrids in the amount of at least 650,000 sowing units.

Key words*: biology, genetics, breeding and seed production, stability, adaptability, disease.*

УДК 631.452; 631.459.01; 502.5; 504; 911.6

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В. М. Косолапов, академик РАН,
И. А. Трофимов, доктор географических наук,
Л. С. Трофимова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Е. П. Яковлева,
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», г. Лобня,
vniikormov@mail.ru

Резюме: адаптивное, дифференцированное использование природных, биологических, антропогенных и других ресурсов, ландшафто- и биосферосовместимость всего сельскохозяйственного природопользования развивается в трудах академика А.А. Жученко. Адаптивная интенсификация ориентирована на обеспечение продовольственной и экологической безопасности сельского хозяйства, гармонизации отношений Природы и Человека в процессе рационального природопользования. Это необходимо для сохранения продуктивного долголетия сельскохозяйственных земель, агроэкосистем и агроландшафтов.

Ключевые слова: *адаптивная интенсификация сельского хозяйства, академик Александр Жученко, продовольственная и экологическая безопасность*

Школа академика А .А. Жученко – лидера российской и мировой сельскохозяйственной, биологической и экологической науки, это школа адаптации к условиям среды и адаптивной интенсификации сельского хозяйства [1–3]. Адаптивная интенсификация сельского хозяйства базируется на принципах многоуровневой и многофакторной адаптации, активной и пассивной адаптации [4–7].

Принцип многоуровневой и многофакторной адаптации – адаптивная интенсификация сельского хозяйства должна осуществляться на разных уровнях (молекулярно-генетическом, организменном, популяционном, ценотическом, ландшафтном и биосферном), охватывая все уровни и все стороны (факторы) изучаемых объектов, поскольку игнорирование той или иной информации об

агроэкосистемах ведет к нарушению принципа адаптации. Необходима многоуровневая и многофакторная адаптация.

Принцип активной и пассивной адаптации – адаптивная интенсификация сельского хозяйства должна осуществляться как активно, путем создания дополнительных элементов экологического каркаса, так и пассивно, путем сохранения уже существующих средостабилизирующих элементов агроландшафта.

Адаптивность сельского хозяйства связана с многолетними травами и травяными экосистемами, которые являются основными почвообразователями и обеспечивают устойчивость сельскохозяйственных земель к воздействию климата и негативных процессов, защищают их от воздействия стихий (засух, эрозии, дефляции).

Многолетние травы и травяные экосистемы в значительной степени обеспечивают продуктивность всех сельскохозяйственных культур и сохранение используемых в сельском хозяйстве земельных и почвенных ресурсов, которые являются важнейшими показателями продовольственной безопасности России. Недостаточная их доля в структуре посевных площадей и севооборотов не обеспечивает эффективную защиту сельскохозяйственных земель от воздействия засух, эрозии, дефляции и дегумификации.

Многолетние травы играют важнейшую роль в почвообразовании, снабжают почвы достаточным количеством необходимых для образования почвенной структуры перегноя и кальция и обеспечивают создание достаточно мощного структурного слоя почвы.

Гармонизация отношений Природы и Человека осуществляется в процессе рационального природопользования в сельском хозяйстве, сбалансированном развитии отечественного растениеводства, животноводства, земледелия, структуры посевных площадей, севооборотов и агроландшафтов. Это необходимо для сохранения продуктивного долголетия сельскохозяйственных земель, агроэкосистем и агроландшафтов.

Гармонизация отношений Природы и Человека в процессе рационального природопользования основано на принципах сбалансированного взаимодействия Человека и Природы, ландшафтно-экологического баланса, оптимального функционирования, ландшафтных границ, экологического каркаса, агроландшафтного управления, биоразнообразия, экологизации, эстетики.

Принцип сбалансированного взаимодействия Человека и Природы ориентирует на сохранение природных экосистем, ценных

сельскохозяйственных земель и плодородия почв возможно только при создании благоприятных условий для функционирования агроландшафтов, обеспечения сбалансированности продуктивных и протективных агроэкосистем, активной жизнедеятельности основных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов, благоприятных условий для почвообразования и развития почвенной биоты.

Принцип ландшафтно-экологического баланса – при управлении и конструировании агрогеоэкосистем необходимо поддерживать гармоничное равновесие между средостабилизирующими и средонарушающими элементами структуры агроландшафта для обеспечения его устойчивости.

Сельское хозяйство должно обеспечивать поддержание экологического равновесия в агроландшафтных системах. Соблюдение требований рационального природопользования, охраны окружающей среды и оптимизации управления агроландшафтами становится одним из основных условий повышения продуктивного долголетия агроэкосистем и эффективности сельскохозяйственного производства.

Выводы. Кормовые угодья, многолетние травы являются наиболее приспособленными, адаптивными и устойчивыми к наблюдаемым изменениям климата. Они являются всепогодными. Многообразие видов растений на природных кормовых угодьях и их биоразнообразие позволяют им самовосстанавливаться, сохранять своё состояние и вновь возвращаться к нему после нарушения равновесия. Значительная доля кормовых угодий и многолетних трав вструктуре агроландшафтов обеспечивает их продуктивность и устойчивость (всепогодность) в любых наблюдаемых изменениях климата.

Литература

1. **Жученко А. А.** Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В 2-х томах. М.: Изд-во Агрорус, 2009-2011. Т. I. 816 с., Т. II. 624 с.

2. **Жученко А. А.** Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В 3 т. М.: ООО Изд. Агрорус, 2008. Т. 1. 813 с., 2009. Т. 2. 1104 с. Т. 3. 960 с.

3. **Жученко А. А.** Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. 148 с.

4. **Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С.** Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика) М.: Типография Россельхозакадемии, 2014. 135 с.

5. **Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П.** История науки. Василий Робертович Вильямс М: Россельхозакадемия, 2011. 76 с.

6. **Трофимов И. А., Шамсутдинов З. Ш., Трофимова Л. С., Шамсутдинова Э. З., Яковлева Е. П., Орловский Н. С.** Проблема опустынивания земель в России // Земледелие. 2010. № 7. С. 7-9.

7. **Трофимова Л. С., Трофимов И. А., Яковлева Е. П.** Значение, функции и потенциал кормовых экосистем в биосфере, агроландшафтах и сельском хозяйстве // Адаптивное кормопроизводство. 2010. № 3. С. 23-28.

MODERN PROBLEMS OF ADAPTATION IN AGRICULTURE

V. M. Kosolapov, I. A. Trofimov, L. S. Trofimova, E. P. Yakovleva

Summary: adaptive, differentiated use of natural, biological, human and other resources, landscapes and biosphere compatibility of all agricultural nature use develops in the writings of Academician AA. Zhuchenko. Adaptive intensification is focused on providing of adaptive intensification, food and ecological safety of agriculture, harmonization of Nature and Human relations in the process of environmental management. This is necessary to preserve the of productive longevity agricultural land, agro-ecosystems and agricultural landscapes.

Key words: *adaptive intensification of agriculture, Academician Alexander Zhuchenko, food and environmental safety.*

УДК 633.14:575.222.6.78

К РАЗВИТИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И ПРОГРАММНЫХ БЛОКОВ АДАПТАИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А. И. Прянишников, член-корреспондент РАН,
С. Д. Каракотов, академик РАН,
Акционерное Общество «Щелково Агрохим», г. Москва,
a_pryan@mail.ru

Резюме. Вопросы системности в изучении взаимодействия «генотип—среда» занимают центральное место для развития теории адаптивной селекции, поскольку такие взаимосвязи разнообразны и сложны как по характеру, так и степени проявления. При этом эволюция современных селекционных методологий, объединяя и/или же комплементарно дополняя традиционные подходы с молекулярно-генетическими технологиями, проводимыми на основе физиолого-генетико-цитологических и ДНК-маркированных комплексных исследований, позволяет расширить границы наших знаний о природе формирования количественных признаков. Приведены примеры, свидетельствующие о том, что развитие новых методологических подходов на основе дисциплин системной биологии, а также использования алгоритмов информационной биологии, в контексте адаптационных процессов реализации видового потенциала зерновых культур позволяет вывести селекцию на новый уровень интенсификации селекционного процесса. На биометрические же методы обработки экспериментального материала, используемые для оптимизации оценки при выявлении количественных различий на фенотипическом уровне, ложится задача вскрыть определенную природу биологической концепции и повысить информативность селекционной оценки реакции новых сортов на многомерность воздействия факторов окружающей среды.

Ключевые слова: *адаптивная селекция, продуктивность, озимая пшеница, статистические методы оценки, сорта, зимостойкость*.

Глобальные изменения климата считаются наиболее серьезной экологической проблемой для перспектив развития зернового про-

изводства (Жученко А.А., 2009; Алабушев А.В. и др., 2009; Прянишников А.И. и др., 2016). Подсчитано, что произошедшие с 1980 гг. изменения температуры и осадков снизили рост средней урожайности пшеницы в мире на 5,5 % по отношению к её уровню, если бы климат сохранял свою стабильность (Lobell D.B., Schlenker W.S., Costa-Roberts J., 2011). В предстоящие десятилетия прогнозируются дальнейшие изменения агроклиматических факторов, в том числе и тех, которые оказывают негативное влияние на продуктивность растений (Прянишников А.И. и др., 2017; ФАО, 2016; Padgham J, 2009). По мнению ряда ученых, если человечество не сможет выработать путей адаптации производства к грядущим изменениям климата, то фактическая урожайность пшеницы к 2050 году будет на 6,9 % ниже «проектной», а в отдельных регионах даже ниже 10% (Wiebe K., Lotze-Campen H., Sands R. et all, 2015).

Селекция, ответственная за формирование биологических основ адаптации в растениеводстве, считается главным фактором не только в увеличении производства зерна, но и при снижении ущерба от различных рисков. Необходимо отметить, что сорт может реализовать свой потенциал, как результат «генотип–средовых» взаимодействий, в конкретных условиях, под которыми принимаются почвенно-климатические ресурсы, а также техногенные факторы возделывания. От чего при создании новых сортов основной задачей становится не только их создание, но и поиск экологической ниши, где генотип может обеспечить высокую продуктивность, экологическую стабильность и качество продукции как основные цели селекции растений.

Эффективность решения данных задач во многом предопределяется вопросами, связанных с совершенствованием селекционных программ и развитием их теоретических основ. От чего, **основополагающий блок** селекционных программ направлен на решение этой задачи. При этом следует заметить, что одна из главных системных проблем селекции заключается в том, что направления и темпы развития прикладных научно-исследовательских работ не в полной мере соответствуют фундаментальным исследованиям в области системной биологии. От этого и существуют разрывы в инновационном цикле при переходе от фундаментальных исследований к прикладным разработкам. При решении данных вопросов особую важность приобретают исследования, которые связанны не только с изучением генетической структуры (секвенирование, ре-

дактирование генома), но и с вопросами функциональной геномики, реализации растениями генетической информации в онтогенезе, развитием теории генетической организации признака на адаптивность и другие количественные признаки.

Следующая направленность селекционных программ предопределяется развитием методологической ее части, что предусматривает совершенствование подходов традиционной селекции, объединяя и/или же комплементарно дополняя их молекулярно-генетическими технологиями. Развитие методов биотехнологий и применение молекулярно-генетических маркеров для целей практической селекции в контексте адаптационных процессов при создании новых сортов позволяет вывести селекцию на новый уровень интенсификации селекционного процесса. При этом эволюция современных методологий селекции сопряжена с прогрессирующими тенденциями в частной генетике, проводимых физиолого-генетико- цитологических и ДНК-маркированных комплексных исследованиях, позволяющих расширить границы наших знаний о **природе формирования признаков**.

Особая важность для селекции, в том числе для её направленности на адаптивность, имеет мобилизация генетических ресурсов культурных растений и диких родичей в устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров. Стержнеобразующими для этого рассматриваются исследования, проводимые в канве современных парадигм и направлений изучения генетических ресурсов растений, связанных с методами ДНК-типирования, применяемых для анализа биологического разнообразия и исследования взаимоотношений между и/или внутри различных видов, популяций и между отдельными генотипами (Косолапов В.М, Чесноков Ю.С., 2016).

Важнейший блок программ связан с развитием принципов опережающей селекции на основе прогностических и преадаптивных возможностей сельского хозяйства. Формирование данного направления возможно только при наличии стационаров, позволяющих вести многолетний мониторинг за изменениями климатических условий и развивающейся на их фоне эволюции видового состава болезней и вредителей. Это дает возможность более глубоко и системно подходить к оценке влияния внешних факторов на реализацию растениями продуктивных свойств, выстраивать стратегию селекционных программ на перспективу, более осознанно ве-

сти селекцию на высокую адаптивность, повышение продуктивности и улучшение качества продукции полевых культур.

Прогресс селекции связан с постепенным накоплением новыми сортами положительных свойств, сопряженных напрямую с повышением их адаптивного потенциала. Фундаментом для отбора перспективного материала и дальнейшего его вовлечения в гибридизацию, считается теория генетической организации признака, призванной информативно расширить рамки селекционной оценки (Кочерина Н.В., Драгавцев В.А., 2008). В связи с чем, поиск и развитие алгоритмов количественной оценки хозяйственно-ценных показателей растений, формирование которых проходит в постоянно изменяющихся погодных условиях, как результат взаимодействия двух динамично развивающих систем (растительной и внешней среды), на основе биометрических методов становится все более и более актуальным.

Приоритетные направления в изучении природы адаптации предопределены физиолого-генетическими исследованиями с использованием алгоритмов современной информационной биологии, позволяющих количественно описать поведение растений в процессе формирования признака. Интеграция селекционными программами дисциплин системной биологии по адаптации направлена на поиск алгоритмов, позволяющих смоделировать поведение растительной системы в меняющейся среде, количественно охарактеризовать напряженность внешнего воздействия, провести оценку деформации адаптивного комплекса растений и состояния репарагенной системы у растений. Среди основных задач исследований данного направления помимо выявления природы ответных реакций растений на внешнее раздражение при адаптации, следует выделить вопросы изучения принципов управления физиологическими процессами на уровне клетки и целого растения, и прежде всего, генетического контроля адаптивных процессов растительных систем.

Наиболее показательна в этом отношении перезимовка озимой пшеницы, поскольку растения в этот период длительное время находятся на втором этапе органогенеза, что позволяет подробно изучить большинство из обозначенных моментов, и определить индивидуальность сорта по характеру зимостойкости (Прянишников А.И., 2006, 2016). Главным принципом функционирования модели поведения становится оценка кинетического равновесия двух ди-

намично развивающихся систем – внутренней и внешней. Реакция адаптивного комплекса растений на интенсивность воздействия внешней среды определяется уровнем гомеостатичности физиологических процессов, чувствительности системы и состояния репарагенной системы, поддерживаемых на различных уровнях организации живого организма (Прянишников А.И., 2017) (рис. 1). Вместе с тем методами многомерной статистики было показано, что не только внутренняя растительная система, но и само внешнее воздействие многокомпонентно по своей структуре. Так, анализ метеорологических факторов методом главных компонент позволил выделить и количественно оценить как минимум 6-ть векторов внешнего воздействия (ВВВ), характеризующих интенсивность воздействия внешней среды во время перезимовки растений (Прянишников А.И., 2016).

Известно, что у растений в ответе на внешнее воздействие представляется несколько стационарных состояний (толерантное, адаптации и отказ от функции), момент перехода на которые носит нелинейный характер и определяется **степенью деформации,** которую испытывает растительная система (Levitt J., 1980; Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С., 1993).

Рис. 1. Характеристика состояния растительной системы при её ответе на интенсивность внешнего воздействия

Использование методов информационной биологии позволяет количественно охарактеризовать уровень деформации и выявить индивидуальность сортов по этому показателю. При этом было подтверждено, что дифференциация экспериментального материала наиболее четко проявляется при нарастании интенсивности внешнего воздействия (Прянишников А.И., 2016; Levitt J., 1980) (рис. 2).

Показано, что изменения внутреннего состояния у растений сопряжены с изменениями в структуре внешнего воздействия. Важным моментом оценки, в этом направлении, становится возможность количественно характеризовать структуру внешнего воздействия в конкретный период зимовки, где о степени присутствия отдельного вектора в ней свидетельствовала величина корреляции состояния адаптивного комплекса растений и их реакция на ВВВ.

По мере приближения этой величины к 1,0 – интенсивность данного ВВВ приближается к нормализованному единичному вектору и/или же к его среднемноголетним показателям. Так, к примеру, 10 октября высокую значимость в структуре воздействия имел ВВВ-6 (период воздействия), 9 ноября – на ВВВ-5 (продолжительность воздействия) и т.д. (табл. 1).

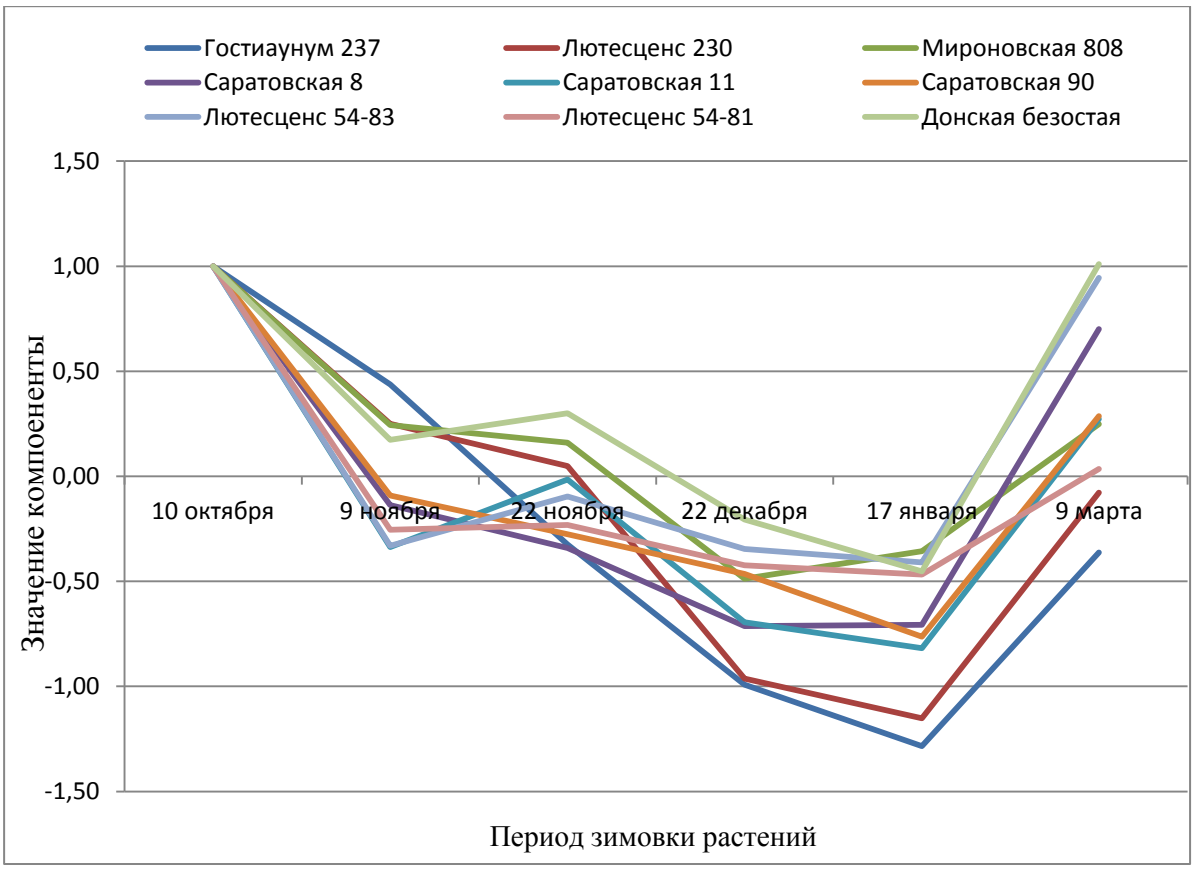

Рис. 2. Деформация адаптивного комплекса растений модельных сортов озимой пшеницы от интенсивности внешнего воздействия во время зимовки

Таблица 1

Структура внешнего воздействия в различные периоды зимовки растений (по величине коэффициента корреляции)

Дата оценки	Вектор внешнего воздействия					
	1	2	3	4	5	6
10 октября	0,58	0,39	**0,67***	0,36	0,59	**0,76***
9 ноября	**0,63***	0,57	0,57	0,34	**0,81***	0,30
22 ноября	**0,87***	0,49	0,44	**0,80***	0,46	0,60
22 декабря	0,51	**0,72***	**0,68***	**0,64***	0,51	**0,93***
17 января	0,52	**0,63***	**0,72***	**0,69***	**0,73***	**0,85***
9 марта	**0,64***	0,42	**0,70***	0,59	0,32	**0,78***

* – коэффициент корреляции значим на 5 %-ом уровне.

Для селекционных исследований важнейшим результатом становится возможность изучения генетической природы, определяющей характер зимостойкости сортов при проявлении определенных ответных реакций на различные стороны внешнего воздействия (ВВВ). В таблице 2 представлены результаты такого изучения у F_1 гибридной комбинации между сортами озимой пшеницы Саратовская 90 и Саратовская 11, и которые интересны для выделения определенных закономерностей их наследования.

Таблица 2

Характеристика F_1 по реакции на структуру внешнего воздействия

Вектор внешнего воздействия	Саратовская 90 (♀)	F_1	Саратовская 11 (♂)	$НСР_{05}$
1	6,49	5,38	5,89	1,49
2	4,01	4,80	5,54	0,5
3	8,43	7,62	6,26	0,75
4	2,58	2,56	1,54	0,8
5	5,82	7,00	6,99	0,5
6	5,55	5,26	4,46	0,6

Таким образом, вопросы системного изучения взаимодействия «растение—среда» занимают одно из центральных мест для развития теории адаптивной селекции, поскольку взаимосвязи разнообразны и сложны как по характеру, так и степени проявления. Сле-

дует признать, что развитие новых методологических подходов для целей практической селекции на основе знаний системной биологии, а также использования алгоритмов информационной биологии, в контексте адаптационных процессов реализации видового потенциала полевых культур позволяет вывести селекцию на новый уровень интенсификации селекционного процесса. При этом эволюция современных селекционных методологий, объединяя и/или же комплементарно дополняя традиционные подходы молекулярно-генетическими технологиями, проводимая на основе физиолого-генетико- цитологических и ДНК-маркированных комплексных исследованиях, позволяет расширить границы наших знаний о **природе формирования количественных признаков**.

Литература

1. **Бебякин В. М., Сергеева А. И. и др.** Фенотипическая стабильность сортов озимой пшеницы по критериям качества зерна. //Агро XXI. 2007. №4-6. С. 14-16.
2. **Веселова Т. В., Веселовский В. А., Чернавский Д. С.** Стресс у растений. М.: Изд-во МГУ, 1993. 144 с.
3. **Генетические основы селекции растений**. Т. 1. Общая генетика растений / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. Минск: Белорусская наука, 2008. 551 с.
4. **Жученко А. А.** Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1. 780 с.
5. **Кочерина Н. В., Драгавцев В. А.** Введение в теорию эколого-генетической организации количественных признаков растений и теорию селекционных индексов. СПб: 2008. 86 с.
6. **Прянишников А. И., Масловская Э. Н. и др.** Развитие методологических подходов в селекции озимой пшеницы на Юго-Востоке. // Пшеница и тритикале. Краснодар, 2001. С. 265-273.
7. **Прянишников А. И.** Экологические основы адаптивной селекции озимой пшеницы на Юго-Востоке. Саратов, 2016. 116 с.
8. **Рубин А. Б.** Кинетика биологических процессов. // Соросовский образовательный журнал. № 10. 1998. С. 84-91.
9. **Сандухадзе Б. И., Рыбакова М. И., Морозова З. А.** Научные основы селекции озимой пшеницы в нечерноземной зоне России. М.: МГИУ, 2003. 426 с.
10. **Сохранить и развить (кукуруза, рис, пшеница).** ФАО, 2016. – 124 с. Код доступа:

http://www.fao.org/documents/card/ru/c/1e2d920b-0cf4-48e6-874e-20c6f079fdb8/

11. Choulet F. Megabase level sequencing reveals contrasted organization and evolution patterns of the wheat gene and transposable element spaces / F. Choulet, T. Wicker, C. Rustenholz et al. // Plant Cell. 2010. Vol. 22. P. 1686 – 1701.

12. Lobell D. B., Schlenker W. S., Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980 // Science. 2011. 333. P. 616–620.

13. Justin K. M. Roberts Proteomics and a future generation of plant molecular biologists. / Plant Molecular Biology. 2002. V. 48, Issue 1. P. 143-154.

14. Padgham J. Agricultural development under a changing climate: opportunities and challenges for adaptation / Washington D.C., The World Bank, 2009.

15. Wiebe K., Lotze-Campen H., Sands R. et all. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socio-economic and emissions scenarios / Environmental Research Letters, 2015. V. 10 (085010).

TO THE DEVELOPMENT OF THEORETICAL BASES AND PROGRAM UNITS ADAPTIVE BREEDING OF GRAIN CULTURES

A. I. Pryanishnikov, S. D. Karakotov

Summary: Questions of consistency when exploring «genotype-environment» interaction is central to the development of the theory of adaptive selection, because such relationship varied and complex as the nature and degree of the manifestation. While e he evolution of modern breeding methodologies, combining and/or complementary complementing traditional approaches to molecular genetic technologies, conducted on the basis of the physiological and genetic and cytological and DNA-marked integrated Research allows you to expand the boundaries of our knowledge about the nature of the formation of quantitative traits. Examples of evidence that development of new methodological approaches, based on knowledge of systems biology, as well as the use of algorithms for information biology, in the context of adaptation processes implementation species field crop capacity displays the selection to a

new level of intensification of selection process. On biometric methods of processing of experimental material, used to optimize its assessment in identifying the qualitative differences on the phenotypic level, the task falls to dissect specific nature biological concept and increase its informative about the nature of the adaptation of new varieties on the multidimensionality of Environmental factors.

Key words: *adaptive selection, productivity, winter wheat, statistical methods of assessment, varieties, winter hardiness.*

УДК 633.521

ВНУТРИВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛЬНА, ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПИЩЕВАЯ ЕГО ЦЕННОСТЬ

Т. А. Рожмина, доктор биологических наук,
Л. Н. Павлова, кандидат сельскохозяйственных наук,
И. А. Куземкин, аспирант,
М. И. Смирнова,
ФГБНУ «Всероссийский НИИ льна», г. Торжок,
vniil@mail.ru

Резюме: В работе показано значительное внутривидовое разнообразие льна по содержанию в семенах основных компонентов (линоленовая кислота, белок, лигнаны, слизь, биологически активные вещества, цианогенные гликазиды), что позволяет создавать сорта с заданным биохимическим составом для получения новых продуктов пищевого и фармацевтического назначения. Выявлены сорта масличного льна с высоким содержанием (свыше 30%) и качеством волокна, что позволяет рассматривать данную культуру, как дополнительный источник волокнистого сырья.

Ключевые слова: *лен масличный, генофонд, сорт, семена, биохимический состав.*

Расширения производства продуктов функционального назначения, является одной из основных задач в решении проблемы продовольственной безопасности страны и обеспечения активного долголетия человека. В условиях Российской Федерации перспективным сырьем для получения таких продуктов являются семена льна масличного. Семена льна являются источником высококачественных ненасыщенных кислот, лигнанов, легко усваиваемых протеинов, диетической клетчатки, витаминов и минеральных элементов. Содержание биохимических компонентов в семенах льна в значительной мере зависит от генотипа [1].

Всероссийский НИИ льна располагает одной из крупнейших в мире коллекций рода *Linum*, насчитывающей свыше 7 тыс. образцов, что позволяет создавать сорта с заданным биохимическим составом с целью получения новых продуктов для персонифициро-

ванного питания, лечебных препаратов, высококачественных кормов.

Сорта масличного льна, возделываемые в производстве, в подавляющем большинстве характеризуются повышенным содержанием в масле линоленовой кислоты (в среднем 55-60 %). Наличие в диете человека данной кислоты снижает уровень холестерина в крови, оказывает профилактическое сердечно-сосудистое и противоопухолевое действие, усиливает регенерацию тканей. Впервые в отечественной селекции создан высокопродуктивный сорт пищевого назначения ЛМ 98 (№ 2655 от 13.04.2005) с низким содержанием линоленовой кислоты (2,2 %), что позволяет получать существенный экономический эффект за счет увеличения продолжительности хранения масла более чем в 5 раз [3].

В условиях Воронежской области (ООО «Александровское») урожай семян сорта ЛМ - 98 составляет 2,1-2,5 т/га при среднем урожае по Российской Федерации 0,8 т/га.

Семена льна по содержанию *лигнанов* в сотни раз превосходят все другие пищевые продукты**.** Лигнаны обладают антимитотическим действием, что позволяет защитить организм человека от онкологических заболеваний, вызванных гормональными причинами. В результате оценки генофонда льна в рамках реализации международного проекта учеными ВНИИЛ совместно с НПО «Agritec», Чешская Республика (2012-2016 гг.) установлена, что концентрация лигнанов в семени в зависимости от генотипа может изменяться от 17,6 до 51,2 мг/г. Наиболее высоким содержанием секоизолярецирезинола обладают сорт Atalante и номер AGT 427/10.

Другим ценным компонентом льняного семени являются *диетические волокна* (растворимая фракция – слизь), способствующие улучшению моторики желудочно-кишечного тракта. В зависимости от генотипа различия по содержанию в семенах льна слизи составляют от 35,8 до 335,9 мг/г [6]. В коллекции ВНИИЛ имеются образцы льна с высоким содержанием в семенах данного компонента – к- 5325, к-5628.

По содержанию белка семена льна превосходят злаковые культуры в 2,0-2,5 раза. В зависимости от генотипа содержание белка в семени льна может варьировать от 15 до 33,8 % [4]. Высокое содержание белка выявлено у сортов ЛМ 98, Санлин и др. В состав льняного белка входят все незаменимые аминокислоты, содержание которых также имеет генотипспецифичный характер.

Льняные белки характеризуются значительным количеством серосодержащих аминокислот, что обеспечивает более высокий антиоксидантный статус организма по сравнению с соевым белком [2].

На качество масла льна оказывает влияние не только жирнокислотный состав, но и содержание в нем биологически активных компонентов. В зависимости от генотипа различия по содержанию их в масле составляют: токоферолы – в 2 раза, каротин и каротиноиды – 5, хлорофиллы – 15 и фитостероиды – 1,5 [5].

Ограничивающими факторами для широкого использования семян льна в пищевой и фармацевтической промышленности является повышенное содержание в них цианогенных гликозидов и других соединений. В рамках реализации российско-чешского проекта (2012-2016 гг.) учеными ВНИИЛ установлено, что в зависимости от генотипа различия по содержанию в семенах цианогенных гликозидов составляет от 14,4 до 40,9 мг/г.

Впервые в мировой практике создан ультраскороспелый высокопродуктивный (содержание масла в семени свыше 45 %) сорт масличного Уральский (патент № 8960 от 22.03.2017), что позволяет существенно расширить ареал возделывания культуры, включая Центральное Нечерноземье, и тем самым решить проблему обеспечения растущей потребности населения страны в натуральных маслах.

Масличный лен может также рассматриваться, как источник волокнистого сырья, в котором нуждаются различные отрасли - текстильная, фармацевтическая промышленность, оборонный комплекс, автомобилестроение и др. На сегодняшний день потребность в волокнистом сырье за счет производства льна-долгунца удовлетворяется менее чем на 15 %.

Как показывают исследования ВНИИЛ (2015-2017 гг.), урожайность волокна у отдельных сортов масличного льна может достигать свыше 10 ц/га при средней урожайности льна-долгунца по стране 9,2 ц/га. В результате испытаний выделены сорта льна масличного с высоким содержанием волокна в стебле – свыше 30 % (Mc Diff, Baikal, Naturel). Сорт пищевого назначения ЛМ 98 по анатомическим признакам, определяющим качество волокна, не уступает сорту льна-долгунца Зарянка, который относится к 1 группе по прядильной способности. Более того, данный сорт в условиях НЗ РФ может обеспечивать на окультуренных почвах высоту растений 85 см и выше, что указывает на высокую его пластичность.

При использовании волокна льна в высокотехнологичных отраслях экономики (оборонный комплекс – спецвещества, фармацевтическая промышленность – медицинская вата и др.) необходимо иметь низкую его закостренность. В результате проведенных во ВНИИЛ исследований (2015-2017 гг.) выявлены сорта с высокой декортикационной способностью (отделяемость волокна от древесной части стебля) – Северный, ЛМ 98, Raciol и др., что позволяет обеспечить получение волокна, отвечающего данным требованиям.

Выводы. Использование генетического разнообразия льна позволяет создавать специализированные сорта с заданным биохимическим составом семян для производства широкого ассортимента продуктов пищевого и фармацевтического назначения. При этом имеются дополнительные возможности для использования волокнистой части стебля в различных секторах экономики с учетом сортовых особенностей культуры.

Литература

1. Жученко А. А. - мл., Рожмина Т. А. Мобилизация генетических ресурсов льна. Старица. ВИЛАР, 2000. С. 224.

2. Мачихина Л. И., Мелешкина Е. П., Приезжева Л. Г., Смирнов С. О., Жученко А. А., Рожмина Т. А. Создание технологии производства новых продуктов питания из семян льна //Хлебопродукты. 2012. № 6. С. 54-58.

3. Рожмина Т. А. Генетическое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его комплексное использование в селекции. Автореферат на соиск. …. доктора биол. наук. С.-Петербург, 2004. 43 с.

4. Толкачев О. Н., Жученко А. А.-мл. Биологически активные вещества льна: использование в медицине и питании (обзор). // Химико-фармацевтический журнал. 2000. № 7. С. 23-28.

5. Фадеева Т. М. «Морфобиологические особенности льна культурного и использование их в селекции при интродукции в Среднем Поволжье». Автореф. дис. канд. наук. Рамонь 2008. 21 с.

6. Diedrachsen A., Raney J. Philip, Duguid Skott D. Variation of Mucilage in flax seed and its relationship with other seed characters // Crop Breeding, Genetics and Cytology. № 46. America, 2006. P. 365-371.

THE INTRASPECIFIC VARIETY OF FLAX, ITS PHARMACOLOGICAL AND NUTRITIONAL VALUE

T. A. Rozhmina, L. N. Pavlova, M. I. Smirnova, I. A. Kysemkin

Summary: A significant intraspecific variety of flax is shown in the seeds in the main components (linolenic acid, protein, lignans, mucus, biologically active substances, cyanogenic glycosides), which makes it possible to create varieties with a given biochemical composition for obtaining new products for food and pharmaceutical purposes. Variety of flaxseed a high content (over 30 %) and fiber quality have been identified, which allows considering this agricultural crop as an additional source of fibrous raw materials.

Key words: *flaxseed, genofund, variety, seeds, biochemical structure.*

УДК 633/635

ВКЛАД А. А. ЖУЧЕНКО В ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

И. В. Савченко, академик РАН,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва,
vilarnii@mail.ru

Резюме: Вклад А. А. Жученко в эколого-генетические основы продовольственной безопасности состоит в отказе от существующих парадигм истощительного использования невозобновляемых ресурсов и переходе к сохранению экологического равновесия биосферы и обеспечения высокого качества среды обитания и качества жизни за счет неисчерпаемых и воспроизводимых ресурсов. Мобилизация генетических ресурсов является главным фактором биологизации и экологизации современного производства.

Ключевые слова: *генофонд, генетические ресурсы, растения, биологизация, экологизация, агроэкосистема, ландшафт, сорт, кормовые галофиты*

По данным гениального физика Стивен Хокинга к 2600 году жителей на планете станет так много, что они будут стоять плечом к плечу. Уровень потребления электроэнергии на земле вырастет настолько, что планету надо будет называть не голубой, а огненно-красной. Уже сейчас в мире голодает 1 млрд. человек. Гибель Земли лишь вопроса времени – уверял Стивен Хокинг. По его расчётам люди угробят планету либо в результате ядерной войны, либо эпидемий, возникших из-за генно-инженерных вирусов, либо рукотворного глобального потепления. Т.е. наших потомков ждёт довольно грустное будущее, если не будут приняты правильные меры и продолжат использовать энергоёмкие природоистощимые технологии.

В последние годы российскими экспертами так же отмечается резкое снижение качества пищевой продукции. Так в YouTube показывают множество шокирующих видео: то рис, разогретый на сковороде, плавится, то запредельное содержимое нитратов в

овощной продукции или тушка синюшного цыплёнка превращается в упитанного бройлера. А проверка молочной продукции Россельхознадзором, Роспотребнадзором и Роскачеством подтвердила массовую фальсификацию в торговых сетях сыра, масла и молока. Рассматривая вопросы продовольственной безопасности А. А. Жученко в своих многочисленных выступлениях и научных работах призывал к отказу от существующих в настоящее время парадигм истощительного использования невозобновляемых ресурсов с целью удовлетворения чрезмерных потребностей человека и переходе к сохранению экологического равновесия биосферы и обеспечению высокого качества пищи, среды обитания и качества жизни для всего населения Земли за счёт неисчерпанных и воспроизводимых природных ресурсов.

А. А. Жученко – академик РАН. Родился 25 сентября 1935 г. в г. Ессентуки Ставропольского края. В 1960 году с отличием окончил Высший сельхозинститут в Болгарии и после работал в Молдавии. В 1960-1966 гг. – управляющий отделением, главный агроном хозяйства, 1967-1976 гг. директор Молдавского НИИ орошаемого земледелия и овощеводства, 1976-1989 гг. – вице-президент, президент Молдавской академии наук (с 1980 г. организатор и директор института экологической генетики), 1989-1992 гг. – зам. председателя Госкомитета СССР по науке и технике, 1992-2009 гг. – вице-президент Россельхозакадемии. А. А. Жученко ведущий учёный в отрасли растениеводства, частной и экологической генетики культурных растений, а так же сельскохозяйственной экологии. Выполненные им фундаментальные исследования в области экологической генетики и стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства получают все больше мировое признание. Так мобилизацию генетических ресурсов он рассматривал в качестве главного фактора биологизации и экологизации процессов интенсивного наращивания производства питания, сырья для промышленности, сохранения экологического равновесия биосферы. Биоразнообразие – это неисчерпаемый биоресурс способный к бесконечному воспроизводству, это пищевой, сырьевой энергетический и средоулучшающий ресурс.

По мнению учёных на Солнце приходится более 99 % энергии аккумулированной в растении с целью получения продуктивности. Из произрастающих на Земном шаре около 390 тысяч видов растений человек использует в пищевых целях около 400 видов, для ле-

карственных целей, включая народную медицину, используется примерно 35 тысяч видов. В официальный фармакопейный список России за последние 25 лет было внесено более 300 видов лекарственных растений. В настоящее время, включено в Государственный реестр селекционных достижений России 51 сорт лекарственных растений, таких видов как: амми большая, белладонна, валерьяна лекарственная, зверобой продырявленный, козлятник лекарственный, левзея сафлоровидная, маклея сердцевидная, мята лекарственная, наперстянка шерстистая, ноготки лекарственные, пижма обыкновеная, подорожник ланцетолистный, пустырник сердечный, расторопша пятнистая, родиола розовая, ромашка аптечная, синюха голубая, тимьян, тысячелистник обыкновенный, цмин итальянский, цмин песчаный, шалфей лекарственный, шлемник байкальский, эхиноцея. Кроме того ряд видов, таких как аир болотный, анис обыкновенный, лаванда, полыни отнесены в Госреестре к эфиромасличным культурам, хотя используется в медицине. Ряд пищевых культурных растений используется в медицинских целях: гречиха для производства рутина (витамина Р), тыква – источник биологически активных веществ – каротиноиды, токоферолы, фосфолипиды, насыщенные, ненасыщенные и полиненасыщеные жирные кислоты. А древесные лекарственные растения: боярышник, рябина, шиповник значатся в Госреестре как плодовые культуры.

В современных условиях научные исследования направлены на мобилизацию растительных ресурсов и создание генетических банков растений из года в год расширяется. В США, Японии, Австралии, Мексике организованы мощные научные центры по сбору, хранению и использованию широкого разнообразия культурных и дикорастущих растений в различных отраслях, в том же числе для улучшения качества жизни и среды обитания человека. На основе этого материала созданы качественные современные сорта растений с повышенной устойчивостью к действию абиотических и биотических факторов среды.

К числу приоритетных эколого-генетических основ продовольственной безопасности А. А. Жученко относил:

- биологизацию и экологизацию интенсификационных процессов на разных уровнях формирования экосистем-индивидуальном, популяционном, экосистемном и биосферном;
- экологическая устойчивость сельскохозяйственных культур является главным условием продвижения их экономически оправданно-

го возделывания в неблагоприятные и экстремальные по почвенно-климатическим и погодным условиям зоны;
- фитоценотическая совместность различных культур и сортов, обусловленная спецификой их эволюционной и онтогенетической «памятью»;
- использование генетического разнообразия культурных растений является главным условием реализации дифференциальной земельной ренты;
- в адаптивном растениеводстве особенно велика фитосанитарная роль севооборотов, которая зависит от обоснованного подбора предшественников;
- ни один вид и сорт культурных видов растений не может приспособиться ко всему разнообразию условий внешней среды;
- национальная стратегия по сохранению биоразнообразия агроэкосистем и агроландшафтов, вписываясь в общенациональную стратегию устойчивого развития, должна быть ориентирована на обеспечение населения полноценной пищей и качественной средой обитания.

Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства разрабатываемая А. А. Жученко в русле решения продовольственной безопасности ориентирует на экологически, экономически и морально-психологически приемлемый уровень риска. В АПК приоритет должен принадлежать предупредительным мероприятиям, так как ликвидация последствий природных катастроф (засух, суховеев, наводнений, морозов и т.д.) всегда обходится дороже. Так возможно предупреждение эпифитотий и эпизоотий на основе регуляции численности популяций полезной и вредной фауны и флоры в агроландшафтах. Соответствующие мероприятия, включающие диагностику, контроль, прогноз, сигнализацию и управление данной динамикой при их своевременном и качественном проведении наиболее эффективно. Так, например, мероприятия по предотвращению засух включают: агроэкологическое районирование территории, агроэкологическое районирование посевов и посадка, подбор засухоустойчивых культур и сортов, сохранения запасов влаги за счёт паров, культивирования, использования кулис, строительство ирригационных сооружений и т.д. Здесь уместно использование цифровых технологий

Основными задачами в обеспечении гарантированной продовольственной безопасности населения по А. А. Жученко являются:

- снижение затрат исчерпаемых ресурсов на каждую дополнительную единицу сельхозпродукции, а также предотвращение загрязнения и разрушение природной среды;
- государственная поддержка селекции и первичного семеноводства, а также производство семян высоких репродукций;
- формирование конкурентных и эффективных рынков сельхозпродукции с учётом агроэкономических особенностей территорий;
- формирование и приоритетное финансирование программ фундаментальных и приоритетных исследований в аграрной науке при повышении надёжности, эффективности, достоверности рекомендаций;
- формирование системы государственного страхования и кредитно-финансового обслуживание селекционного хозяйства.

При конструировании адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов наиболее перспективен эволюционно-аналоговой подход. А. А. Жученко считал, что отрасль растениеводства стоит строить на принципах функционирования естественных экосистем. К настоящему времени накоплен большой опыт по созданию культурных пастбищ и сенокосов (особенно работы ВНИИ кормов) в различных зонах страны.

Так член-корр. РАН З.Ш. Шамсутдинов изучая генетическое разнообразие аридных галофитных растений, создал 19 сортов кормовых галофитов (джузгун, камфоросма, кейреук, прутняк, терескен). На основе этого генетического разнообразия в Республике Калмыкия и Астраханской области созданы долголетние весенне-летние и осенне-зимние пастбищные экосистемы, обеспечивающие повышение продуктивности в 5-6 раз при одновременном восстановлении биоразнообразия.

Как отмечал А. А. Жученко, предлагаемые альтернативные системы (биоорганическая, биодинамическая, экологическая и др.) не могут решить проблем ресурсоэнергосбережения, природоохранности и повышения рентабельности сельского хозяйства в XXI веке, они будут играть вспомогательную (экзотическую) роль. В целом только стратегия адаптивной интенсификации растениеводства, направленная на мобилизацию и сохранение биологического разнообразие как основа эфективной утилизации природных ресурсов способна решить природоохранные и продовольственные проблемы, особенно в России, характеризующейся огромным разнообразием почвенно-климатических и погодных условий, недо-

статочной тепловлагообеспеченностью, наличием больших засолённых, переувлажнённых, кислых, эродированных сельхозугодий. Но главным условием при этом, по мнению А. А. Жученко, является опора на научные знания и профессиональный опыт.

A. A. ZHUCHENKO`S CONTRIBUTION TO ECOLOGO-GENETIC BASES OF FOOD SECURITY OF RUSSIA

I. V. Savchenko

Summary: A. A. Zhuchenko in the ecological-genetic basis of food security is to abandon the existing paradigms of depleting the use of non-renewable resources and the transition to preserve the ecological balance of the biosphere and ensure a high quality environment and quality of life through inexhaustible and reproducible resources. The mobilization of genetic resources is a major factor in the biologization and ecologization of modern production.

Key words: *gene pool, genetic resources, plants, biologization, greening, agroecosystem, landscape, variety, forage halophytes.*

УДК 633.11:631.527

ИСТОРИЯ НАУЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРЕ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ: УСЛОВИЯ, ОСОБЕННОСТИ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Б. И. Сандухадзе, академик РАН,
Р. З. Мамедов, кандидат сельскохозяйственных наук,
В. В. Бугрова,
К. Э. Сандухадзе,
М. А. Коленков,
ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка», г. Москва
sanduchadze@mail.ru

Резюме: Началом научной селекции озимой пшеницы в Нечерноземье считаются работы профессора Д. Л. Рудзинского, организовавшего на Петровской сельскохозяйственной станции хорошо оборудованный центр. Д. Л. Рудзинский определил основные признаки элитных растений озимой пшеницы и применил для создания сортов не только отборы, но и гибридизацию. Созданные здесь сорта Московская 2453, Московская 2460, а также наиболее зимостойкий по сравнению с остальными сорт Московская 2411 получили широкое распространение. Исключительную теоретическую и практическую ценность для развития научной селекции имели исследования по отдаленной гибридизации пшеницы с пыреем, обладающим зимостойкостью, устойчивостью к болезням и хорошими показателями качества зерна. Эти эксперименты были начатые Н. В. Цициным и Г. Д. Лапченко в Зональном институте в Немчиновке (ныне ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка») в 1940 году. Они впервые в мире получили пшенично-пырейные сорта ППГ 599 и ППГ 186, районированные в 1948 и 1953 году. В 1970-е годы в селекции озимой пшеницы Е. Т. Вареницей широко использовалась гибридизация географически отдаленных форм с избирательным оплодотворением. Лучшим из созданных на основе такого подхода сортов стал сорт Заря с урожайностью 55,8 ц/га (превышение стандарта на 4 ц/га), который также был признан донором устойчивости к твердой головне. Из этого сорта индивидуальным отбором выведен крупнозерный сорт Янтарная 50. Для дальнейшего роста продуктивности адаптивных сортов потребовалось повышение устойчивости к полеганию за счет короткостебельности в

сочетании с зимостойкостью. С этой целью Б.И. Сандухадзе были выполнены методические исследования с применением прерывающихся беккроссов с реккурентным сортом Мироновская 808 и донором короткостебельности сортом Краснодарский карлик 1. В процессе насыщения велись отборы по зимостойкости и короткостебельности. По разработанной для селекции схеме был создан новый морфоэкотип сорта. Среди полученных в результате этих исследований шести сортов лучшими были сорта Инна и Памяти Федина. У них высота растений составила 80-90 см, сорта проявляли зимостойкость и по урожайности превосходили стандарт на 10 ц/га. Пшеница Московская 39 стала первым сортом со стабильно повышенным качеством зерна с содержанием белка 15-16 %, клейковины — 30-35 % (по технологическим свойствам зерна пригоден для хлебопечения). Лучшим достижением в селекции на устойчивость к патогенам признан сорт Немчиновская 24, высокопродуктивный, устойчив к бурой ржавчине и полеганию. С 2005 по 2012 годы районировано шесть сортов с разными преимуществами по хозяйственно ценным признакам — Галина, Немчиновская 24, Московская 56, Немчиновская 57, Московская 40 и Немчиновская 17. Всего за период с 1930-х годов средняя урожайность озимой пшеницы в центре Нечерноземья России благодаря селекции выросла с 30 до 80 ц/га.

Ключевые слова: *селекция, озимая пшеница, сорт, продуктивность, устойчивость, гибридизация, отбор, короткостебельность*.

По историческим сведениям, в России в XVI веке в основном высевали озимую рожь и овес. На севере Нечерноземной полосы пшеница как культура долгое время не была широко распространена. Ее продвижение на территории этих губерний связано с деятельностью Комитета акклиматизации растений при Московском обществе сельского хозяйства [1]. При этом озимая пшеница в климатических условиях центральной и северной части Нечерноземной зоны оставалась в основном любительской культурой, которую на отдельных участках выращивали крупные помещики в своих хозяйствах [2].

Статистические данные по урожайности пшеницы в Нечерноземной полосе до Первой мировой войны (1914 год) почти полностью касаются местных пшениц, которые, как правило, имели не названия, а обозначения («местная», «озимая», «яровая»). По данным исследований тех лет, староместные сорта представляли собой популяции, состоящие из разновидностей, а иногда и видов [3]. Тогда же была

определена северная граница распространения озимой пшеницы в Нечерноземье (51° с.ш.), выше которой ее посевы были неустойчивыми, хотя сохранились описания этой культуры в некоторых хозяйствах Новгородской и Псковской губерний [4].

До начала XX века в России возделывались различные староместные сорта зерновых, многие также завозились из Англии, Франции, Германии, Швеции, где селекцией занимались с конца XVII – начала XVIII века. В конце XIX века такие работы начинаются и в центральных районах России. В 1896 году организована Шатиловская опытная станция, а в 1903 году на опытном поле Московского сельскохозяйственного института, открытого в 1894 году (впоследствии Московская станция при Петровской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева), исследованиями профессора Д.Л. Рудзинского были заложены основы планомерной селекции полевых культур [5]. Он создал хорошо оборудованный по тому времени научный центр, который стал образцом при организации селекционных исследований на других опытных станциях России. Эта селекционно-генетическая станция имела исключительно большое значение для отечественной селекции и семеноводства и подготовки необходимых кадров [6]. На Московской станции для изучения собрали 3000 образцов озимой пшеницы из европейской и азиатской частей России, Западной Европы и Северной Америки образцы. Были выявлены основные признаки, которые целесообразно учитывать при отборе элитных растений. В результате среди выделенных из них форм (не менее 9000) сортами в итоге стали 12 (3). Сорта Д.Л. Рудзинского были лучшими: так, Московская 2453, которую районировали в 1929 году, оставалась стандартом сортов озимой пшеницы до 1953 года. Возделываемые сорта представляли отборы из местных пшениц, преимущественно из банаток [3]. Оценивая 20-летний итог работы Московской станции, Н.И. Вавилов отмечал огромный объем проанализированного сортового материала и свойства полученных сортов. В то же время, он указывал на тот факт, что отборы не обеспечили существенных изменений свойств у сортов относительно исходных популяций, что, по его мнению, свидетельствовало о необходимости широко использовать гибридизацию разных видов и родов [7].

В 1930-е годы усилия были сосредоточены на создании зимостойких, устойчивых к выпреванию и вымоканию сортов, пластичных, иммунных к мучнистой росе, ржавчине и фузариозу. Согласно экологическим условиям регионов сорта распределили в четыре

группы. К 4-й отнесли сорта для Нечерноземной полосы, где отмечалось большое количество зимних и летних осадков. В группу вошли сорта Московской селекционной станции Московская 2411, Московская 2460, Московская 2453 и др., а также Костромка 5 Энгельгартовской станции. Для того же региона были рекомендованы сорта 2-й группы — Дюрабль и Эритроспермум 917, полученные на Ивановской станции в условиях высокого снежного покрова [8].

В 1940 году в Зональном НИИ зернового хозяйства Нечерноземной полосы (позднее НИИ сельского хозяйства центральных районов Нечернозёмной зоны — НИИСХ ЦРНЗ, в настоящее время ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка») академиком Н.В. Цициным была организована лаборатория пшенично-пырейных гибридов и продолжены начатые в г. Омске работы по отдаленной гибридизации для привлечения дикорастущего пырея к созданию сортов озимой пшеницы [9-11]. Получение гибридов при скрещивании мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. (42 хромосомы) с 42-хромосомным пыреем сизым *Agropyron glaucum* (Desf. ex DC.) Roem. & Schult. велось по схеме (пшеница ½ пырей) ½ пшеница. В F_2 и F_3 наблюдали константные формы: 42-хромосомные с пшеничным типом колоса, 56-хромосомные с промежуточным типом колоса, а также 42- и 56-хромосомные с колосом пырейного типа. Специальное внимание уделялось гибридам с 42 хромосомами и пшеничным типом колоса как наиболее селекционно перспективным [12].

Из формы первой группы Н.В. Цициным и Г.Д. Лапченко впервые были выведены озимые сорта на основе пшенично-пырейных гибридов ППГ 599 и ППГ 186. Позднеспелый сорт ППГ 599 (получен при скрещивания Ржано-пшеничного гибрида 46/131 с пыреем сизым) по продуктивности превосходил стандарт (Московская 2453) на 2,8-3,8 ц/га. В производственных посевах его урожайность на высоких агрономических фонах составляла 40-52 ц/га. Растения хорошо зимовали при достаточном снежном покрове, проявляя среднюю зимостойкость. Сорт слабо поражался (чаще не поражался) желтой ржавчиной и мучнистой росой, проявлял высокую устойчивость к твердой головне. Был районирован в 1948 году. Среднеранний сорт ППГ 186 (индивидуальный отбор из отдаленного ступенчатого гибрида, полученного от скрещивания сорта Лютесценс 329 с пыреем сизым) тоже превосходил стандарт (на 5,8 ц/га), хорошо зимовал при достаточном снежном покрове, имел среднюю зимостойкость, был весьма устойчив к твердой головне и очень отзывчив на повышенный

агрофон. Районирован в 1953 году. Эти сорта были районированы в 18 областях и республиках Нечерноземной зоны. Благодаря им доля озимых среди зерновых культур в зоне возросла 10-кратно – с 3,8 до 38 % [13].

Созданные 56-хромосомные гибриды, особенно ППП 79, выделялись высокой морозо- и зимостойкостью, что подтвердили 5-летние испытания в условиях Новосибирска, Кулунды, Иркутска, Якутска. В Новосибирске при полной гибели растений сорта Ульяновка сохранность у ППП 79 составила 90-100 %, а урожайность – 30 ц/га. Наиболее ценные по этому свойству гибриды даже в 1970-годы использовались в скрещивании с лучшими сортами озимой пшеницы, а также между собой [14].

Материал с высоким содержанием белка в зерне получали при разных типах скрещиваний: ППП х озимая пшеница; (ППП х озимая пшеница) х озимая пшеница; ППП х ППП; ППП х АД (ржано-пше-ничные амфидиплоиды). Также использовался индуцированный мутагенез. Получение гибриды и константные формы характеризовались высокой степенью наследования целевого признака. У значительного числа потомств количество белка в зерновке достигало 19 % с варьированием по комбинациям (лучшими были в комбинациях с ППП) [15].

Отметим, что Н.В. Цицин и Г.Д. Лапченко, создав лабораторию отдаленной гибридизации, впервые в мире разработали и применили оригинальный способ получения принципиально новых сортов озимой мягкой пшеницы на основе пшенично-пырейных гибридов. Предложенный ими методический подход и полученные с его помощью результаты привели к ряду открытий и стали основой обоснования и развитии теории и практики межродовой гибридизации [16-18]. Совершенствование этого метода расширяет перспективы его практического применения [19].

В НИИСХ ЦРНЗ после создания в 1951 году лаборатории селекции озимой пшеницы под руководством Е.Т. Вареницы [20] широко применялась внутривидовая многоступенчатая гибридизация отдаленных эколого-географических форм при избирательном оплодотворении с последующим отбором растений с желательными признаками. Материнскими формами были лучшие сорта, районированные в зоне, отцовскими — сорта с высокой урожайностью, зимостойкостью, устойчивостью к патогенам и полеганию, взятые из других зон [21]. Сорт Кунцевкая 45, который вывели при избирательном

оплодотворении сорта Лютестенс 17 смесью пыльцы от зимостойких и продуктивных сортов Одесская 3, Одесская 12, Алабасская, Гостианум 237 с последующим массовым отбором в F_1 и F_2 растений материнского типа, был районирован в 1960 году в Брянской, Московской и Тульской областях, но по урожайности уступал сорту Мироновская 808.

Положительным результаты в селекции озимой пшеницы в 1970-е годы связывают с созданием сорта Заря. Его получили индивидуальным отбором из F_3 гибридной комбинации сорт Мироновская 808 х линия 126/65 (в родословной этой линии присутствует ППГ 599). Сорт Заря имел урожайность 55,8 ц/га, что на 4,0 ц/га выше, чем у сорта озимой пшеницы Мироновская 808, выведенного в Мироновском институте селекции и семеноводства пшеницы (Украинская ССР) и получившего широкое распространение в СССР благодаря высокой урожайности и зимостойкости [22]. Сорт Заря среднеспелый, зимостойкость — выше средней, высота растений 110-125 см. Признан донором устойчивости к твердой головне [23], среднеустойчив к мучнистой росе, выделяется устойчивостью к энзимомикозному истощению семян [24]. Хлебопекарные качества зерна хорошие (сильная пшеница-улучшитель). В 1978 году был районирован, максимальная уборочная площадь достигала 530 тыс. га [22]. Индивидуальным отбором из сорта Заря получен сорт Янтарная 50 – высокопродуктивный, с крупным зерном и высокой массой 1000 зерен. Этот сорт был районирован в 1985 году по Центральному и Северо-Восточному регионам [25].

С конца 1980-х годов селекцию озимой пшеницы в НИИСХ ЦРНЗ возглавил Б.И. Сандухадзе. В этот период взамен сорта Мироновская 808 необходимо было создать сорта интенсивного типа, более технологичные, имеющие высокие качества зерна, более устойчивые к полеганию и неблагоприятным условиям перезимовки, поражению грибными болезнями. Для этого требовалось преодолеть отрицательную зависимость между урожайностью и зимостойкостью, а также зимостойкостью и короткостебельностью. Сложность состояла в выборе доноров короткостебельности с ценными признаками или их сочетанием в дополнение к достаточно высокой комбинационной способности. Среди 18 из 160 низкостебельных образцов лучшим был признан Краснодарский карлик 1. Сорт Краснодарский карлик 1 – мутант, полученный из сорта Безостая 1 под воздействием нитрозометилмочевины, несет два рецессивных гена короткостебель-

ности (*Rht1* и *Rht2*). Его основное селекционное достоинство сорта Краснодарский карлик 1 – короткая соломина и высокая продуктивная кустистость; в то же время у растений низкая зимостойкость и масса 1000 зерен [26]. Гибриды от скрещивания сортов Мироновской 808 и Краснодарский карлик 1 стабильно наследовали высоту растений по годам и характеризовались повышенной зимостойкостью.

Для создания короткостебельных и зимостойких сортов интенсивного типа был применен метод прерывающихся беккроссов [26]. В очередной беккросс вовлекались растения, отобранные из F_3 по оптимальной перезимовке, высоте растений и продуктивности. После трех беккроссов образцы по зимостойкости сравнивались с рекуррентным родителем. Отбор оказался более эффективным в популяциях третьего-четвертого беккроссов с лучшей продуктивностью. Высота растений увеличивалась в зависимости от количества беккроссов в F_1 [27].

Метод прерывающихся беккроссов стал основой предложенной впервые технологии селекции высокопродуктивных короткостебельных зимостойких сортов нового морфоэкотипа для центральных районов Нечерноземной зоны России [26]. Этим методом были созданы семь сортов (Немчиновская 52, Немчиновская 86, Московская низкостебельная, Московская 70, Инна, Памяти Федина, Немчиновская 25), районированных в 12 областях и республиках РСФСР. Среди них по продуктивности сорта Инна и Памяти Федина превосходили остальные на 10 ц/га [28].

Сорт Инна был выведен методом индивидуального отбора из гибридной популяции Немчиновская 86 х Заря. По основным параметрам он более других сортов приближается к оптимальной модели сорта для Нечерноземной зоны России. При урожайности в среднем на 12,5-19,7 ц/га выше, чем у высокорослых исходных форм, его максимальная урожайность в конкурсном сортоиспытании достигала 86 ц/га. Сорт среднеспелый, с хорошей зимостойкостью. Высота растений 85-100 см (на 15-20 см меньше, чем у сортов Заря и Мироновская 808), устойчив к полеганию и твердой головне; превосходит стандарт по числу заложенных цветков в колосе. Сорт Инна внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 1991 году и допущен к использованию в Северо-Западном, Волго-Вятском, Центральном и Центрально-Черноземном регионах. Впоследствии вовлекался в селекцию в качестве отцовской формы [28, 29]. Сорт Памяти Федина получен индивидуальным отбором из гибридной популяции [(Крас-

нодарский карлик 1 х Мироновская 808) F_3 х Заря]F_3 х Янтарная 50. Сочетает пластичность с высоким потенциалом урожайности (70-80 ц/га), проявляет зимостойкость на уровне стандарта. Высота растений – 80-90 см, устойчив к полеганию, твердой головне, среднеустойчив к мучнистой росе. Зерно средней крупности. Включен в Государственный реестр селекционных достижений в 1993 году и допущен к использованию в областях Центрального и Волго-Вятского регионов [28, 29].

Таким образом, к началу 1990-х годов была получена серия сортов нового морфоэкотипа с высоким потенциалом продуктивности и превышением урожайности на 10 ц/га и более относительно длинностебельного стандарта (сорта Инна и Памяти Федина), адаптированные к условиям центра Нечерноземья, что стало прорывом в селекции озимой пшеницы для Центрального Нечерноземья.

В селекции на качество в условиях Нечерноземья индивидуальным отбором из гибридной комбинации Обрий х Янтарная 50 был впервые получен среднеспелый зимостойкий сорт Московская 39, у которого при средней урожайности в конкурсные сортоиспытания 50-60 ц/га содержание сырой клейковины в муке составляло 37,2 %, белка в зерне — 14,5-15,5 %. По содержанию клейковины в муке сорт превосходит стандарт на 6-8 %, по количества белка в зерне — на 1,5-2,0 %. При этом качество клейковины 73 ед. по шкале ИДК, сила муки — 330 е.а., объемный выход хлеба 980 см^3. По хлебопекарным свойствам он считается хорошим улучшителем и отнесен к сильным пшеницам I группы качества. Высота растений не превышает 90-105 см. Сорт устойчив к твердой головне, слабо поражается мучнистой росой и бурой ржавчиной. Широко используется в селекции в качестве одной из родительских форм. С 1999 года включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Центральному, Центрально-Черноземному, Волго-Вятскому, Северо-Западному, Средне-Волжскому, Уральскому регионам, с 2017 года — по Дальневосточному [28, 29]. Уникальность сорта Московская 39 состоит в том, что по всем показателям качества он превосходит все сорта, районированные ранее [30]. Благодаря этому сорту стало возможно собственное производство зерна для хлебопечения в Центральной России. Исследования подтвердили, что показатель разжижения теста у сорта Московская 39 соответствует классификационной норме для сильной пшеницы. Этот сорт хорошо зарекомендовал себя в производственных условиях (2004-2008 годы),

обеспечивая урожайность от 40 до 50 ц/га и содержание клейковины от 28 до 34 %. В производственных посевах в 2005 году в зерне сорта Московская 39 эти показатели варьировали по областям: 82,1 ц/га и 28,0 % — в Орловской, 64,0 ц/га и 26,0 % — в Ростовской, 50,0 ц/га и 28 % — в Тамбовской, 51,0 ц/га и 34 % — в Липецкой, 38,3 ц/га и 29 % —в Ульяновской. Еще одна отличительная черта этого уникального сорта — быстрое распространение в производственных посевах, площадь которых составила до 2 млн га [31, 32].

Высокой продуктивностью характеризуется пластичный сорт Галина, который получили индивидуальным отбором из гибридной комбинации (Обрий х Памяти Федина)F_3 х Инна. Его максимальная урожайность в конкурсном сортоиспытании в 1997 году составила 78,7 ц/га (превышение показателя у стандарта на 23,5 ц/га). Сорт среднеспелый, зимостойкость — вышесредней, высота растений 85 см, устойчив к полеганию, твердой головне, среднеустойчив к бурой ржавчине, слабо поражается мучнистой росой. Зерно крупное (масса 1000 зерен — 48-52 г). Содержание белка в зерне — 13,6 %, клейковины — 28,1 %, качество клейковины — 76 ед. по шкале ИДК, сила муки — 214 е.а., объемный выход хлеба — 875 см^3. Сорт в 2005 году включен в Государственный реестр селекционных достижений для использования по Центральному и Северо-Западному регионам. Сорт отзывчив на азотные подкормки и выделяется высокой стабильностью (212,6 % относительно стандарта) [33].

Высокопродуктивный среднеспелый и среднезимостойкий сорт Немчиновская 24 получен индивидуальным отбором из гибридной комбинации Донщина х Инна. Его потенциальная урожайность при интенсивной технологии возделывания — до 110-130 ц/га, высота растений — 80-90 см. Исключительно устойчив к полеганию. Не поражается бурой ржавчиной (используется как донор устойчивости), слабо поражается мучнистой росой. Зерно крупное (масса 1000 зерен 42-45 г) с хорошими хлебопекарными качествами: содержание белка — 13,6 %, клейковины в муке — 35,7 %, качество клейковины — 85 ед. по шкале ИДК, сила муки 324 е.а., объемный выход хлеба 932 см^3. У сорта лучший показатель стабильности относительно стандарта (265,6 %) и самая высокая средняя урожайность за 10-летний период наблюдения (72,1 ц/га). Преимущество этого сорта проявляется в годы с неравномерными избыточными осадками, когда часть посевов может полегать [33, 34].

Для повышения качества зерна сорт Московская 39 использовали в сложных гибридных комбинациях, парных скрещиваниях и в индивидуальных отборах. Так, в комбинации (Мироновская полуинтенсивная х Инна) х Московская 39 был выведен сорт Московская 56 — среднеспелый, зимостойкий, с потенциалом продуктивности 85,0 ц/га (при испытаниях показал среднюю урожайность 72,0 ц/га). Устойчив к полеганию, твердой головне и бурой ржавчине. Зерно крупное (масса 1000 зерен 38-45 г) с хорошими технологическими качествами (содержание белка — 14,2 %, клейковины в муке — 37,8 %). Отнесен к ценным по качеству сортам, предназначенным для продовольственных целей. В 2008 году внесен в Государственный реестр селекционных достижений и рекомендован для Центрального, Волго-Вятского и Центрально-Черноземного регионов [35, 36].

Сорт Немчиновская 57 получили отбором из сложной гибридной комбинации (Донщина х Памяти Федина) х Московская 39. Средняя урожайность за годы конкурсного сортоиспытания у него составила 71,0 ц/га при потенциальной продуктивности 84,0 ц/га. Сорт среднеспелый, зимостойкий, устойчивый к полеганию, твердой головне. Поражаемость бурой ржавчиной — 15-20 %, мучнистой росой — 5 %. Зерно крупное (масса 1000 зерен 40-47 г), обладает хорошими технологическими качества ми: содержание белка — 14,1 %, клейковины в муке — 38,0 %. Классифицируется как ценный по качеству, предназначен для продовольственных целей. В 2009 году допущен к использованию по Центральному региону [35, 36].

Сорт Немчиновская 17 получили при отборе из комбинации (Немчиновская 24 х Московская 39). У этого сорта урожайность в конкурсном сортоиспытании достигала 86,0-93,0 ц/га. Высота растения 75-85 см. Сорт устойчив к полеганию, не поражается бурой ржавчиной. Содержание белка в зерне — 14,4 %, клейковины в муке — 29,9 %. В 2013 году включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущен к возделыванию по Центральному региону [35, 37].

Индивидуальным отбором из сорта Московская 39 выведен сорт Московская 40. Средняя урожайность этого сорта в конкурсном сортоиспытании достигала 6,1 т/га. Высота растения 90-100 см. Сорт среднеспелый, зимостойкий, устойчивый к твердой головне, слабо поражается мучнистой росой и бурой ржавчиной. Зерно крупное (масса 1000 зерен — 45-48 г) с содержанием белка 16,1 %, количество клейковины в муке 35,4 %. По основным показателям качества зерна

относится к сильным пшеницам. В 2011 году внесен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к возделыванию в Центральном и Центрально-Черноземном регионах [32, 35, 36].

Таким образом, история научной селекции сортов озимой пшеницы для возделывания в центре Нечерноземья России связана с разработкой и применением ведущими отечественными селекционерами оригинальных и передовых для своего времени методических подходов — гибридизации селекционного материала с выявленными элитными признаками, отдаленная гибридизация пшеницы с пыреем для обеспечения зимостойкости и устойчивости к болезням в сочетании с качеством зерна, скрещивание географически удаленных форм, использование прерывающихся беккроссов и создание нового морфоэкотипа сорта (короткостебельного, устойчивого к полеганию, с повышенной зимостойкостью. Создание таких адаптивных высокопродуктивных сортов с зерном, пригодным для хлебопечения, стало решающим фактором в обеспечении этого густонаселенного региона собственным зерном для хлебопекарного производства. Достигнутая за годы научной селекции урожайность сортов озимой пшеницы почти в 2 раза (на 40,0 ц/га) превышает урожайность первых селекционных сортов.

Литература

1. **Бердышев А. П.** От дикорастущих растений до культурной флоры. М.: Наука, 1984. 160 с.

2. **Якубцинер М. М.** К истории культуры пшеницы в СССР. В кн.: «Материалы по истории земледелия СССР». М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 748.

3. **Фляксбергер К. А.** Замечания о работе с озимой пшеницей. Сб. «Гибель озимых хлебов и мероприятия по ее предупреждению». Приложение 34-е к «Трудам по прикладной ботанике, генетике и селекции», Л.: Изд. ин-та прикл. ботан.,ген. и сел.,1929. С. 315-318.

4. **Писарев В. Е.** Пшеница в Нечерноземной полосе Союза. Сб. «Гибель озимых хлебов и мероприятия по ее предупреждению». Приложение 34-е к «Трудам по прикладной ботанике, генетике и селекции», Л.: Изд. ин-та прикл. ботан.,ген. и сел.,1929. С. 275-291.

5. **Назаренко К. С.** Достижения отечественной селекции сельскохозяйственных культур – в производство. М.: Колос, 1967. С. 9.

6. **Архангельский Н. С., Белых Г. В., Кузнецов А. И. и др.** Академия им. К. А. Тимирязева. Краткий очерк прошлого и настоящего. М.: Агропромиздат, 1990. С. 223.

7. **Вавилов Н. И.** Ботанико-географические соображения о возможности продвижения культуры озимой пшеницы в СССР. Сб. «Гибель озимых хлебов и мероприятия по ее предупреждению». Приложение 34 к «Трудам по прикладной ботанике, генетике и селекции». Л.: Изд. ин-та прикл. ботан., ген. и сел.,1929. С. 265-274.

8. **Фляксбергер К. А.** О местных пшеницах. В сб. «Северная пшеничная база СССР». Л.: ВИР,1934. С. 129-136.

9. **Лапченко Г. Д.** Итоги селекционной работы с озимыми пшенично-пырейными гибридами. Тр. Зонального НИИ зернового хоз-ва Нечерноземной полосы. «Вопросы селекции». М.: Сельхозгиз,1953. Вып. XVI. С. 66-100.

10. **Лапченко Г. Д.** Применение метода отдаленной гибридизации в селекции озимой пшеницы //Селекция и семеноводство. 1967. №. 2. С. 33-38.

11. **Лапченко Г. Д.** Результаты и перспективы селекции озимой пшеницы методом отдаленной гибридизации. Науч. тр. НИИСХ ЦРНЗ. М.: Сельхозиздат,1968. Вып. XXII. С. 37-45.

12. **Лапченко Г. Д.** Использование промежуточных ППГ (2n=56) в селекции озимой пшеницы. Труды конференции по улучшению селекционно-семеноводческой работы с зерновыми культурами в РСФСР. М.: Московский рабочий, 1973. С. 17-28.

13. Каталог районированных сортов сельскохозяйственных культур в СССР. М.: Хлебоиздат, 1959. С.10.

14. **Лапченко Г. Д., Корнейчук С. Р., Скворцов С. Н.** Результаты селекции пшенично-пырейных гибридов. Сб. науч. тр. НИИСХ ЦРНЗ «Селекция зерновых и зернобобовых культур для Нечерноземной зоны». Вып. 32. М., 1974. С. 20-29.

15. **Иванов Ю. А.** Селекция озимой пшеницы на белок методом отдаленной гибридизации. Сб. науч. тр. «Селекция полевых культур на качество». Вып. 44. М.,1978. С. 95-108.

16. **Цицин Н. В.** Видо- и формообразование при отдаленной гибридизации растений // Генетика. 1966. Т. 9. С. 99-106.

17. **Цицин Н. В.** Пути создания новых видов форм растений // Вестник с.-х. науки. 1977. № 9. С.10-13.

18. **Цицин Н. В.** Отдаленная гибридизация–важнейший метод обогащения генофонда и создания новых видов, форм и сортов куль-

турных растений и пород животных. В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного совещания по отдаленной гибридизации. М.,1981. С. 3-20.

19. **Сандухадзе Б. И., Бовкис Е. Н., Иванов Ю. А., Скворцов С.Н.** Направление и перспективы селекционной работы с пшенично-пырейными гибридами. Сб. науч.тр. «Совершенствование и использование селекционно-генетических методов при выведении новых сортов для Нечерноземья». М.: НИИСХ ЦРНЗ, 1981. С. 41-47.

20. **Вареница Е. Т.** Селекция озимой пшеницы в Центральных районах Нечерноземной зоны //Селекция и семеноводство. 1968. № 2. С. 20-24.

21. **Вареница Е. Т.** Методы, результаты и перспективы работ по созданию высокопродуктивных сортов озимой пшеницы для Нечерноземной полосы. В сб. «Селекция и сортовая агротехника озимой пшеницы». Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: «Колос»,1971. С.194-205.

22. **Вареница Е. Т.** Озимая пшеница. В книге: «Высокопродуктивные сорта зерновых культур для Нечерноземья». Под ред. Неттевича Э.Д. М.: Московский рабочий,1987. 192 с.

23. **Сандухадзе Б. И., Цакашвили Л. М.** Эффективность использования сорта Заря в селекции на иммунитет к твердой головне / «Селекция зерновых культур на стабильность урожайности, иммунитет и качество зерна в Нечерноземной зоне».Сб. науч. тр. НИИСХ ЦРНЗ, М.,1986. С. 125-129.

24. **Темирбекова С. К., Кравченко М. Л., Бугай Л. И., Сандухадзе Б. И., Ионов Э. Ф., Ионова Н. Э., Куликов И. М., Черемисова Т.Д.** Селекция зерновых культур на устойчивость к энзимо-микозному истощению семян (ЭМИС) // Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (иммунитет, селекция, интродукция). М.,2011. Т. IV. Ч. II. С. 73-79.

25. **Вареница Е. Т., Кочетыгов Г. В.** Янтарная 50: Особенности и агротехника // Зерновое хозяйство. 1987. № 8. С. 23-26.

26. **Сандухадзе Б. И., Кочетыгов Г. В., Бугрова В. В.** Целенаправленная селекция озимой пшеницы интенсивного типа для условий Нечерноземья на основе метода прерывающихся беккроссов // Сельскохозяйственная биология. 1996. № 1. С. 13-26.

27. **Сандухадзе Б. И., Пома Н. Г., Бугрова В. В.** Создание исходного материала в селекции на короткостебельность и морозостойкость. // Сельскохозяйственная биология. 1986. № 10. С. 101-107.

28. **Сандухадзе Б. И., Кочетыгов Г. В., Бугрова В. В.** Сорта озимой пшеницы Инна, Памяти Федина и Московская 39 / Сб. «Ос-

новные итоги научных исследований по сельскому хозяйству в Центральном районе Нечерноземной зоны России (70 лет НИИСХ ЦРНЗ) РАСХН». М.: Немчиновка, 2001. С. 210-214.

29. **Сандухадзе Б. И., Кочетыгов Г. В., Бугрова В. В., Рыбакова М. И., Беркутова Н. С., Давыдова Е. И.** Методические основы селекции озимой пшеницы на урожайность и качество зерна в центре Нечерноземья России // Сельскохозяйственная биология. 2006. № 3. С. 3-12.

30. **Сандухадзе Б. И., Беркутова Н. С.** Качество зерна новых сортов озимой пшеницы. Сб. науч. тр. РАСХН «Проблемы повышения качества зерна пшеницы и других зерновых культур», М., 199. С. 45-49.

31. **Сандухадзе Б. И.** Селекция озимой пшеницы–важнейший фактор повышения урожайности и качества // Достижения науки и техники АПК. 2010 №. 11. С. 4-7.

32. **Сандухадзе Б. И., Рыбакова М. И., Кочетыгов Г. В., Мамедов Р. З., Бугрова В. В., Сандухадзе К. Э.** Продуктивность и качество сортов озимой пшеницы селекции МосНИИСХ «Немчиновка», возделываемых в центре России // Продовольственная безопасность сельского хозяйства России в XXI веке. Жученковские чтения II. Сб. научных трудов. Выпуск 11 (59). Москва, 2016. С. 21-26.

33. **Сандухадзе Б. И., Журавлева Е. В.** Стабильность и адаптивность сортов селекции НИИСХ ЦРНЗ // Вестник РАСХН. 2008. № 1. С. 41-42.

34. **Сандухадзе Б. И., Кочетыгов Г. В., Рыбакова М. И., Бугрова В. В., Морозов А. А., Сандухадзе Э. К.** Создание генотипов с новым для Нечерноземья сочетанием признаков и свойств – прорыв в селекции озимой пшеницы // Научные труды «Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (поиск, интродукция, создание, сохранение и использование в селекции). Россельхозакадемия. М., 2008. Т. 3. С. 220-284.

35. **Сандухадзе Б. И., Рыбакова М. И. Осипова А. В., Кочетыгов Г. В.** и др. Селекция озимой пшеницы на продуктивность и качество сортов // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2(18). С. 14-19.

36. **Сандухадзе Б. И., Кочетыгов Г. В., Рыбакова М. И., Бугрова В. В. и др.** Состояние селекции озимой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням в Московском НИИСХ «Немчиновка». Сб. «Иммунологическая защита сельскохозяйственных культур от болез-

ней: теория и практика». Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию рождения Н. И. Вавилова. Большие Вяземы, 2012. С. 396-401.

37. **Сандухадзе Б. И.** Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК, 2016. № 9. С. 15-19.

THE HISTORY OF SCIENTIFIC BREEDING OF WINTER WHEAT IN THE CENTER OF NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA: CONDITIONS, CHARACTERISTICS, METHODS, AND RESULTS

B. I. Sandukhadze, R. Z. Mamedov, V. V. Bugrova,
K. E. Sandukhadze, M. A.Kolenkov

Summary: The development of the selection of winter wheat in the center of the non-chernozem soil of Russia is represented in the historical aspect, in the ninetieth – two-thousandth years. The distinguishing features of systematic of experiments are shown the temporary periods of selection. The initial stage of the scientific selection of winter wheat in this region belongs to founder and organizer to professor D. L. Rudzinskiy at the Petrovskiy agricultural station. He organized the well equipped scientific center. For creating the types of winter wheat the hybridization was used, besides the existed selections; he determined basic signs for evaluating the elite plants. Propagation received the created types of winter wheat Moscovskaya 2453, Moscovskaya 2460, and type Moscovskaya 2411, the most winter-hardy. By exceptionally valuable in the theoretical and practical sense was the application of the distant hybridization, crossing of wheat with the couch-grass, which possesses winter hardiness, stability to the diseases, by the quality of the grains, begun in the Zone institute in Nemchinovka from 1940. By breeders Tsitsin N.V. and Lapchenko G.D. For the first time wheaten - couch-grass types were obtained, PPG 599 and PPG 186, zoned in 1948 - 1953 the yr. In the Seventies years in the selection of winter wheat by breeder E.T. Varenitsa was widely used hybridization of the geographically distant forms with the selective fertilization. Best is the type Zarya, with the productivity 55,8 c/ha and exceeding of standard to 4 c/ha, acknowledged as the donor of stability to solid smut log. From this type by individual selection was brought out coarse-grade

type Yantarnaya 50. For further increase in the productivity of adaptive types is necessary an increase in the stability to the lodging, due to shortness in combination with the winter hardiness. Breeder Sandukhadze B.I. carried out systematic studies with the application of interrupting backcrosses, with the recurrent grade type Mironovskaya 808 and the donor of shortness the Krasnodarskiy dwarf 1. In the process of saturation conducted the selections on the winter hardiness and shortness. The new morphological ecotype of type is created according to the developed diagram of selection. Among the received 6 types, Inna, Fedin's memory are the best, with a height of plants 80-90 of cm, winter-hardy, with exceeding of standard on the productivity on 10 c/ha. For the first time was obtained the type Moscovskaya 39, with the stably increased quality of grain, the content of the protein 15-16%, of the gluten 30-35%. According to the technological properties of grain it is suitable for the bread-baking. The best reaching in the selection to the stability to the pathogens acknowledged type Nemchinovskaya 24, highly productive, it is resistant to the brown rust and the lodging. From 2005 to 2012 the years were zoned 6 of types, with the different advantages according to the economically valuable signs, Galina, Nemchinovskaya 24, Moscovskaya 56, Nemchinovskaya 57, Moscovskaya 40 and Nemchinovskaya 17. Within the period of selection from the 30th to 2000- years average productivity grew from 30 to 80 c/ha.

Key words: *selection, winter wheat, type, productivity, stability, hybridization, selection, shortness.*

УДК 632.952.633

АДАПТИВНАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ – ВАЖНЕЙШЕЕ ЗВЕНО СОВРЕМЕННОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

С. С. Санин, академик РАН,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», Большие Вяземы, Московская область,
sanin@vniif.ru

Резюме: На примере зерновых культур рассмотрены теоретические и практические аспекты адаптивной защиты агроценозов от болезней. Показаны основные биотические и абиотические адресаты адаптации: агроэкологическая зона, агротерритория, сорт, фитопатоген, фитосанитарная технология, погода, экономика хозяйства и др. Предложены системы адресного управления адаптивной защитой зерновых культур с использованием консультативно-советующих систем.

Ключевые слова: *адаптация, болезни пшеницы, биотические и абиотические факторы, урожай, потери урожая, сорт, технология защиты, управление защитой.*

У каждого крупного ученого есть свои приоритеты научной деятельности, которые он считает наиболее значимыми. Для академика Александра Александровича Жученко таким приоритетом являлась проблема адаптивного сельскохозяйственного производства. Вопросы адаптации он рассматривал в аспекте всех основных этапов растениеводческого процесса: селекции, технологий возделывания, экологии, экономики и др. Результаты этих исследований изложены им в капитальных научных трудах, получивших широкую известность и признание во всем мире. К их числу следует отнести такие работы, как «Адаптивная система селекции» [2], «Адаптивное растениеводство» [3], «Адаптивный потенциал культурных растений» [4], «Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства в XXI столетии» [5] и многие другие. Большое внимание в этих работах автор уделял проблеме адаптивной защиты растений как одному из главных составляющих растениеводческой деятельности. Это вполне обосновано, так как более

1/3 урожая культивируемых растений мы ежегодно теряем вследствие развития болезней, вредителей, сорняков (рис. 1,2).

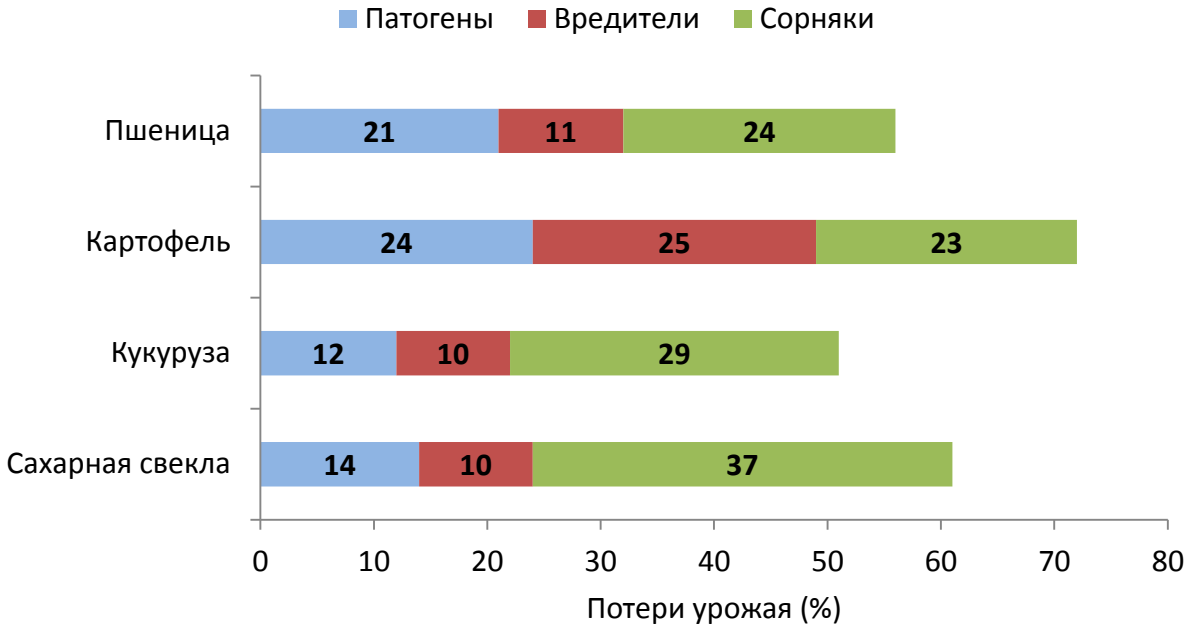

Рис. 1. Потери урожая сельскохозяйственных культур в мире от патогенов, вредителей и сорняков (по данным ФАО).

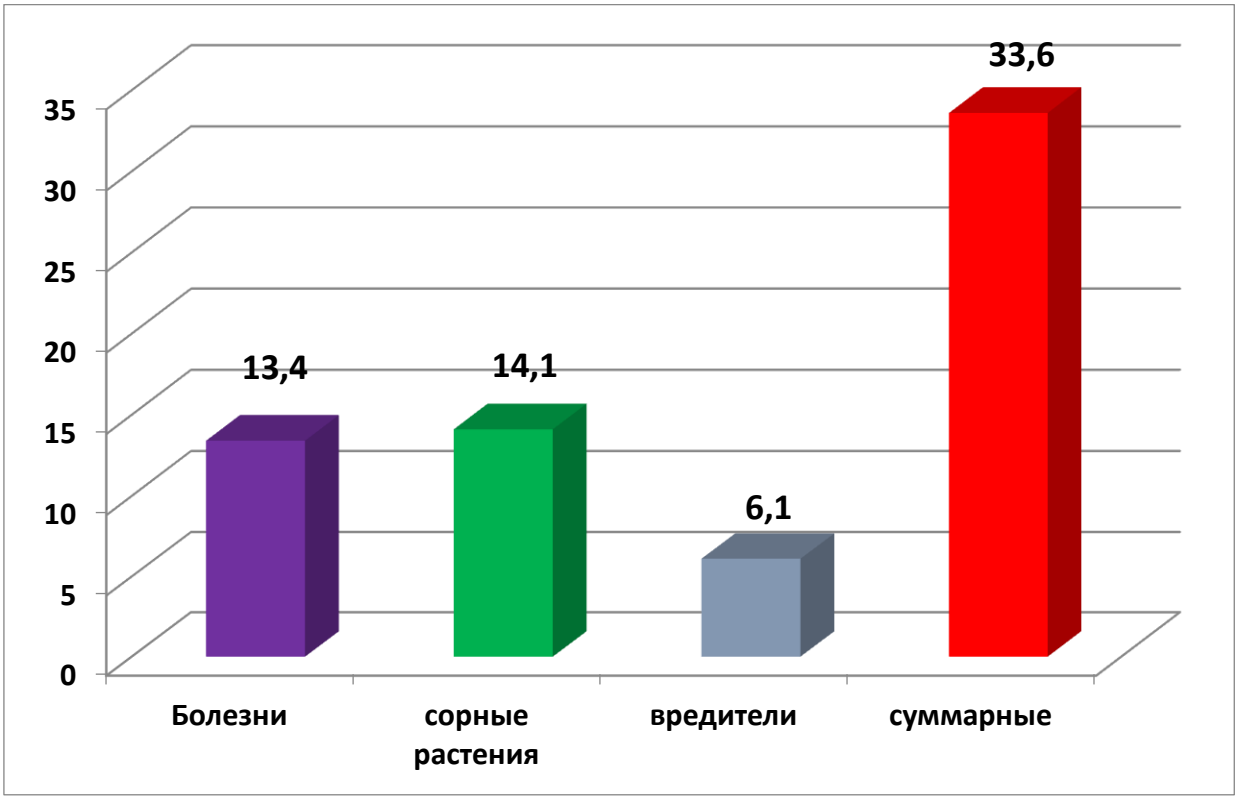

Рис. 2. Среднегодовые потери урожая пшеницы в России от вредных организмов (млн./т) за период с 2000 по 2015 гг.

В начале девяностых годов А. А. Жученко в рамках фонда А. Т. Болотова предложил мне и моим коллегам принять участие в исследованиях по разработке адаптивных систем защиты растений от вредных организмов. С этого времени началось наше сотрудничество [8,9,10,11].

На прошедшей в 2017 году в г. Орле конференции, посвященной памяти академиков А. А. Жученко и Н. В. Парахина, мною был сделан доклад «Стратегия современной защиты растений при интенсивном зернопроизводстве», где существенное внимание было уделено вопросам адаптации защиты растений.

В докладе были проанализированы основные биотические и абиотические адресаты адаптации на примере защиты зерновых культур (рис.3).

Адаптация защиты растений предполагает использование средств, методов и технологий, оптимальных для агроклиматических регионов, агроландшафтов, полей севооборотов, сортов, способов их возделывания, метеоусловий и т. д., обеспечивающих получение высоких, стабильных, экономически оправданных урожаев.

Основными биотическими (биологическими) адресатами адаптации являются культуры, сорта, вредящие биообъекты, севооборот, предполагаемый урожай, его качество и др. К абиотическим адресатам относятся агроклиматические зоны, системы землепользования, агроресурсные потенциалы защищаемых полей (уровень плодородия, удобрения и т. д.), метрологические условия, технологии защиты, хозяйственно-экономические возможности производителя.

Каждый из этих адресатов предполагает конкретные объекты адаптации: регион, культура и сорт, назначение производства, вредящий биообъект, предшественник, складывающиеся погодные условия, применяемый препарат и т.д. Как видим, адаптация технологии защиты растений является многокомпонентным, сложным и наукоемким процессом.

Рис. 3. Зоны и объекты адаптации технологий защиты зерновых культур от вредных организмов

В кратком сообщении невозможно привести и обсудить все многообразие элементов адаптации средств, методов и технологий

защиты растений. Приведу ряд примеров из области зернопроизводства, что мне ближе по характеру научной деятельности.

Территориальная (региональная) адаптация. Сельскохозяйственные регионы России существенно отличаются по агроклиматическим условиям: почвы, продолжительность светового дня, температура, влагообеспеченность и др. Это определяет структура сельхозпроизводства (культуры, сорта, технологии возделывания, составы вредящих организмов, интенсивность их развития и вредоносность. В табл. 1 приведены в порядке убывания хозяйственной значимости наиболее опасные болезни озимой и яровой пшеницы в период весенне-летней вегетации в основных зернопроизводящих регионах РФ.

Таблица 1

Наиболее опасные болезни пшеницы весенне-летнего периода в основных зернопроизводящих регионах России, (1995-2015 гг.)

Районы РФ	Фитопатогенный комплекс листостебельных и колосовых инфекций*	Число лет интенсивного и умеренного развития** болезней	Потери урожая зерна в годы интенсивного развития болезней, %
Южный	Септориоз листьев, пиренофороз, бурая ржавчина, мучнистая роса, желтая ржавчина, фузариоз колоса, септориоз колоса	4	20-25
Северо-Кавказкий	Септориоз листьев, бурая ржавчина, мучнистая роса, пиренофороз, желтая ржавчина, фузариоз колоса, септориоз колоса	5	25-30
Центральный	Септориоз листьев и колоса, бурая ржавчина, мучнистая роса, снежная плесень	5	20-25
Приволжский	Бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, мучнистая роса, септориоз листьев	4	15-20
Уральский	Бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, септориоз листьев, мучнистая роса	3	10-15
Сибирский	Бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, септориоз листьев, мучнистая роса	3	10-15

*- в порядке убывания хозяйственной значимости
** - число лет из 10

В Южном и Северо-Кавказском регионах посевам пшеницы наибольшую опасность представляют септориоз листьев, пиренофороз, бурая ржавчина, мучнистая роса, септориоз и фузариоз колоса. Сильное и умеренное развитие этих болезней наблюдается от 4 до 5 каждых 10 лет, потери урожая зерна на полях, где не проводилась защита могли достигать от 20 до 30 %. В Центральном регионе рейтинг опасных болезней был несколько иным – септориоз листьев, септориоз колоса, мучнистая роса, бурая ржавчина. Среднегодовые потери урожая в годы интенсивного развития этого комплекса варьировали от 20 до 25 %.

В Приволжском, Уральском и Сибирском регионах болезни по хозяйственной значимости располагались в следующем порядке – бурая ржавчина, мучнистая роса, септориоз. Интенсивное развитие заболеваний отмечалось в течение 3-4 лет из 10, потери урожая – 10-20 %.

В табл. 2 показаны данные урожая пшеницы и потерь урожая по регионам России в 2014 году – наиболее типичном по зернопроизводству за последние годы.

Таблица 2

Урожай пшеницы и потери урожая от болезней по регионам Российской Федерации в 2014 году

Наименование регионов	Уборочная площадь, тыс.га	Намолочено пшеницы, тыс.т	Урожайность, ц/га	Потери урожая**	
				%	ц/га
Южный	4851,0	1852,9	38,2	20,1	7,6
Северо-Кавказский	1925,2	7524,0	39,3	22,1	8,0
Центральный	3105,2	12406,6	40,0	18,1	7,2
Крымский	269,1	667,0	24,8	14,8	3,7
Приволжский	5562,5	10453,8	18,8	13,5	2,6
Уральский	2313,9	3117,0	15,8	14,5	2,4
Сибирский	6314,6	8788,1	14,8	15,1	2,2

*- по данным Минсельхоза РФ;

** - рассчитаны по данным Россельхоза с использованием математических моделей

Урожай пшеницы и потери урожая по территориям сильно варьировали. В Южном, Северо-Кавказском, Центральном регионах урожай в анализируемом году был от 38,2 до 40,0 ц/га. Потери урожая в натуральных (весовых) величинах составляли здесь от 7,2 до 8,0 ц/га, а в относительных – от 20,1 до 22,1%. В Крымском, Поволжском, Уральском и Сибирском районах эти показатели были существенно ниже. Урожай варьировал от 17,8 до 24,8 ц/га, а потери урожая – от 2,2 до 3,7 ц/га или от 13,5 до 14,8%.

Структуры вредящих биообъектов в регионах и возможные потери урожая должны учитываться при оценке необходимости и характера защитных мероприятий (спектр препаратов, кратность обработок, сроки их проведения и т. д.).

Адаптация к сорту. Основой интенсивного зернопроизводства являются высокоурожайные сорта, адаптированные к агрорегионам и технологии возделывания, обеспечивающие высокую продуктивность посевов. Именно сорт, его генетические возможности определяют потенциальную урожайность зернового посева в данном регионе, в данном севообороте, на данном поле. Сорт, а точнее группа сортов, создаваемых селекционерами для разных агрозон, разных севооборотов и разных агротехнологий, представляют собой тот адресат, для которого должны разрабатываться адаптивные технологии растениеводства и, в частности, технологии питания и защиты растений [7].

Устойчивость сортов пшеницы неравнозначна. Зачастую высокоурожайные и ценные по пищевым и технологическим показателям сорта являются восприимчивыми к болезням. Устойчивость не постоянна во времени. С появлением новых рас и биотипов, образующихся в результате формообразовательных процессов или просто заносимых из сопредельных территорий, ранее устойчивые сорта становятся сильно поражаемыми [9,12].

Селекционеры и иммунологи стремятся придать своим сортам комплексную, длительно сохраняющуюся устойчивость к патогенам. Однако это весьма и весьма трудная задача, которая пока еще неосуществима. Сорта, будучи устойчивыми к одним заболеваниям, могут сильно поражаться другими. Растениеводство России располагает значительным количеством сортов зерновых культур, устойчивых к ржавчине и мучнистой росе, однако мало сортов,

устойчивых к септориозным пятнистостям, пиренофорозу, фузариозу колоса, корневым и прикорневым гнилям.

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии в 2003-2009 гг. совместно с Московским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства «Немчиновка» изучали устойчивость сортов озимой пшеницы, созданных академиком РАН Б. И. Сандухадзе, к комплексу наиболее опасных болезней (табл. 3).

Таблица 3

Рейтинги устойчивости к наиболее распространенным болезням сортов озимой пшеницы, рекомендуемых к возделыванию в Центральном районе РФ (Московская область, ВНИИФ, 2003-2009 г.г.)

Болезни	Сорта в порядке убывания устойчивости
Снежная плесень	Немчиновская 57→ Московская 56→ Галина→ Московская 39 → Немчиновская 24→ Памяти Федина→ Мироновская 808
Корневые гнили	Немчиновская 57→ Московская 56 → Галина→ Московская 39→Немчиновская 24→ Памяти Федина → Мироновская 808
Септориоз листьев	Немчиновская 24→ Московская 56→ Немчиновская 57→ Галина→Памяти Федина→ Московская 39→ Мироновская 808
Септориоз колоса	Московская 56→ Немчиновская 57→ Галина→ Московская 39→ Памяти Федина → Мироновская 808→ Немчиновская 24
Бурая ржавчина	Немчиновская 24→ Немчиновская 57→ Московская 56→ Московская 39→ Галина→Памяти Федина→ Мироновская 808
Мучнистая роса	Немчиновская 57→ Галина→ Московская 56 → Московская 39→ Памяти Федина→ Немчиновская 24→ Мироновская 808

В таблице показаны рейтинги сортов в порядке уменьшения их устойчивости к той или иной болезни. Порядок расположения сортов для каждой болезни был строго специфичен. Например, наибольшую устойчивость к септориозу листьев в годы наблюдений проявлял сорт Немчиновская 24, а наименьшую – Мироновская 808. К септориозу колоса в те же годы наиболее устойчивым был

сорт Немчиновская 57, а наименее восприимчивым – Немчиновская 24 и так далее.

Степень (уровень) устойчивости возделываемого сорта определяет необходимость (или не необходимость) проведения химической защиты, а также ее интенсивность. Чем более восприимчив сорт, тем интенсивнее он должен защищаться. Наиболее интенсивной защиты требуют, естественно, восприимчивые (слабоустойчивые) и умеренно устойчивые сорта.

На высоко устойчивых сортах даже при наличии условий, благоприятных для развития той или иной болезни, пораженность растений не достигает опасного уровня и химические обработки могут оказаться убыточными.

В настоящее время ряд сортов Центрального региона (Московская 56, Немчиновская 56, Немчиновская 24) чаще всего могут возделываться без проведения защитных опрыскиваний фунгицидами, а остальные – в зависимости от прогноза интенсивности развития болезней. Однако устойчивость сортов не постоянна во времени. Появляются новые расы, биотипы, которые интенсивно развиваются, что требует внесения корректив в системы защитных мероприятий.

Адаптация к технологиям возделывания (удобрения). Одним из базовых агротехнологических приемов современного интенсивного зернопроизводства является создание высокопродуктивных агрофонов на основе применения высоких доз минеральных удобрений и, в первую очередь, азотных. Азотные удобрения, будучи важным элементом интенсификации, в то же время оказывают существенное влияние на устойчивость растений к болезням. Разные сорта при этом существенно отличаются по реакции на данный агротехнологический прием и, зачастую, для получения устойчивого урожая требуют компенсирующего применения защитных мероприятий [6].

Всероссийским научно-исследовательским институтом фитопатологии и Московским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства «Немчиновка» в 2015-2017 гг. проведены исследования по изучению влияния на развитие болезней разных технологий азотного питания: экстенсивная (0 кг/га), основная (60 кг/га), интенсивная (90 кг/га), высокоинтенсивная (120 кг/га). В табл. 4 приведены результаты исследований 2017 года.

Таблица 4

Развитие комплекса болезней и урожай районированных сортов озимой пшеницы при разных дозах внесения азота (Московская обл., ФГБНУ ВНИИФ и МНИИСХ «Немчиновка», 2017г.)

Сорта	Подкормка азотом, кг по д.в.	Развитие болезней, % *				Урожай, ц/га
		Септориоз листьев (флаг-лист)	Септориоз колоса	Фузариоз колоса	Альтернариоз колоса	
Московская 56	120	79,0	79,0	19,9	57,0	76,2
	90	73,0	66,0	8,8	53,0	79,9
	60	68,0	55,0	8,7	26,0	83,4
	0	42,5	25,0	4,6	16,7	71,7
Московская 39	120	63,0	59,0	17,5	53,0	74,0
	90	53,0	49,0	17,0	31,5	79,5
	60	42,0	38,0	14,5	25,0	77,4
	0	32,7	33,0	8,7	18,5	63,4
Московская 40	120	64,0	69,0	30,0	55,0	76,1
	90	63,0	67,0	20,5	40,0	75,9
	60	60,0	60,0	13,3	37,5	71,5
	0	40,7	44,5	8,4	25,0	56,1
Немчиновская 17	120	78,3	49,0	2,7	12,5	71,8
	90	75,0	48,0	1,7	7,0	72,1
	60	70,0	44,0	1,4	5,0	68,6
	0	70,0	43,0	1,2	4,6	47,9
Немчиновская 24	120	76,7	54,0	43,8	10,5	80,1
	90	75,6	51,0	43,2	10,0	83,6
	60	68,3	44,0	43,1	8,0	83,2
	0	65,7	43,0	41,4	6,5	71,2

*- фаза тестовидной спелости (ф.85)

Приведенные данные показывают, что при применении высоких доз азота, рекомендуемых для интенсивных (N 90 кг/га) и, особенно, для высокоинтенсивных технологий (N 120 кг/га), пораженность растений всеми болезнями существенно возрастала. Сорта сильно отличались по реакции на данный прием. Так, в числе районированных сортов пораженность септориозом листьев с увеличением дозы азота в наибольшей степени возрастала у Московской 56 (с 42,5 до 79,0 %), Московской 39 (с 32,7 до 63,0 %), Московской 40

(с 40,7 до 64,0 %). Слабее реагировала на азотную подкормку Немчиновская 24 (с 65,7 до 76,7 %). Аналогичная картина наблюдалась и по другим заболеваниям – септориозу колоса, фузариозу и альтернариозу колоса. Так, пораженность сорта Московская 40 фузариозом колоса с увеличением доз азота возросла с 8,4 до 30,0 %, Московская 56 – с 8,7 до 19,9 %, а Немчиновской 17 – только с 1,2 % до 2,7 %.

Большой научный и практический интерес представляют урожайные данные, полученные в этом опыте.

По разным сортам пик урожайности, как видно из приведенных данных, приходился на разные дозы азота, а не отнюдь не на максимальную. У сорта Московская 56 максимальный урожай обеспечила доза азота 60 кг/га, у сортов Немчиновская 24, Немчиновская 17, Московская 39 – 90 кг/га, у сорта Московская 40 – 120 кг/га.

У большинства испытанных сортов при дозе азота, соответствующей высокоинтенсивной технологии (120 кг/г), урожайность пшеницы сильно снижалась.

Сопоставление данных по урожаю с пораженностью растений показывает, что усиление развития болезней при высоких дозах азота в условиях, подобных вегетационному сезону 2017 года, нивелировало потенциально возможный эффект от интенсивной азотной подкормки. Для его сохранения необходимо было проводить фитосанитарные защитные мероприятия. При этом разные сорта требуют адаптированных к ним сортовых фитосанитарных технологий. Аналогичные результаты были получены в опытах 2015 и 2016 гг.

Адаптация к фитосанитарным и агроэкологическим факторам. Современная защита растений является дорогостоящим мероприятием. К примеру, затраты только на однократное опрыскивание пшеницы фунгицидами в зависимости от стоимости препарата варьируют от 1000 до 3000 руб./га. При низкой урожайности защита может быть нерентабельной. Следовательно, ожидаемая урожайность культуры является одним из важнейших факторов, регламентирующих принятие фитосанитарных решений.

Чем раньше и сильнее проявляется заболевание на посевах, тем продолжительнее его воздействие на растения, выше интенсивность развития болезни и потери урожая зерна.

Обобщающий анализ массива 25-летних экспериментальных данных позволил определить критические уровни пораженности растений для разных сроков проявления болезни и разного ожидаемого урожая (табл. 5).

Таблица 5

Уровни критической пораженности пшеницы, определяющие опасность развития эпидемий бурой ржавчины, септориоза, пиренофороза, мучнистой росы и необходимость проведения защитных опрыскиваний (ФСП, %)

Фаза развития растений	Ожидаемый урожай		
	менее 20 ц/га	20-40 ц/га	более 40 ц/га
Бурая ржавчина			
Выход в трубку (ф.30)	< 5,0	< 2,0	< 1,0
Флаг-лист (ф.41) - начало колошения (ф.51)	5,0	2,0	1,0
Цветение (ф.61) – начало созревания (ф.71)	10,0	5,0	2,0
Септориоз, пиренофороз			
Выход в трубку (ф.29-39)	-	-	-
Флаг-лист (ф.41) - колошение (ф.59)	10,0	5,0	2,0
Цветение (ф.61) – начало созревания (ф.71)	15,0	10,0	5,0
Мучнистая роса			
Выход в трубку (ф. 29-39)	5,0	3,0	ед.
Флаг-лист (ф.41) - колошение (ф.59)	10,0	5,0	3,0
Цветение (ф.61) – начало созревания (ф.71)	15,0	10,0	5,0

Как видно, уровни критической (сигнальной) пораженности не одинаковы у разных возбудителей болезней. У бурой ржавчины они ниже, чем у других, а у мучнистой росы – выше. Уровни критической пораженности ориентированы на защиту восприимчивых и среднеустойчивых сортов и на погодные условия, благоприятные для развития болезней. Устойчивые сорта защищать не требуется. Защитные опрыскивания не нужны так же, если погодные условия неблагоприятны для развития заболеваний (табл. 6)

Таблица 6

Классификация погодных условий в период трубкования (ф.29) – цветения пшеницы (ф.61) по их влиянию на развитие бурой ржавчины, септориоза, мучнистой росы*

Болезнь	Класс благоприятности погоды	Состояние погодных факторов
Бурая ржавчина	Благоприятные условия (БУ)	Среднесуточная температура воздуха 14.0-18.0°С, количество осадков 40-120 мм/мес
	Неблагоприятные условия (НБУ)	Погода одного из двух типов: - жаркая и сухая – среднесуточная температура выше 16-18^{0}С, количество осадков менее 25-33 мм/мес.; - холодная и дождливая – среднесуточная температура ниже 12-14^{0}С, количество осадков выше нормы в 2 и более раз.
Септориоз	Благоприятные условия (БУ)	Среднесуточная температура воздуха за 10 дней до даты принятия решений по защите (по факту) и через 10 дней после этой даты (по прогнозу) от 14 до 22^{0}С. Число дней с осадками за этот период (20 дней) более 4–5. Продолжительное увлажнение растений более 20-30 часов
	Неблагоприятные условия (НБУ)	Среднесуточная температура воздуха за 10 дней до даты принятия решений по защите (по факту) и через 10 дней после этой даты (по прогнозу) ниже 14^{0}С или выше 22^{0}С. Число дней с осадками за этот период менее 3 – 4.
Мучнистая роса	Благоприятные условия (БУ)	Дождливая туманная погода, ожидаемая сумма осадков > 30-40 мм, продолжительность увлажнения листьев > 24 часов, высокая относительная влажность воздуха (> 80%).
	Неблагоприятные условия (НБУ)	Сухая, жаркая, ветреная погода; низкая относительная влажность воздуха (< 60%); продолжительность сохранения влаги на растениях < 10-12 часов.

* - наиболее опасный период для листостебельных инфекций

Таким образом, технологии защиты растений должны быть адаптированы к инфекционному потенциалу и условиям развития болезни.

Адаптация к средствам защиты. В настоящее время в стране для защиты зерновых культур от болезней применяется более 50 химических и более 20 биологических фунгицидов [14]. Они отличаются по составу действующих веществ, препаративным формам, нормам (дозам) применения, продолжительности эффективного действия и другим показателям. Фирмы-производители стремятся разрабатывать препараты широкого спектра действия, эффективные для как можно большего числа патогенов. В связи с этим в последние годы на рынке пестицидов появляется все большее число комбинированных препаратов, содержащих 2, 3 и более действующих веществ. С увеличением числа компонентов возрастает стоимость препаратов и их экологическая опасность. Задача защиты растений должна состоять в использовании в каждом конкретном случае препарата, наиболее адаптированного к фитосанитарной обстановке каждого поля, подлежащего защите.

В рамках программ Международного научно-технического центра ВНИИФ, совместно с рядом региональных институтов России и зарубежных стран, проводил испытания большой группы препаратов биологического и химического действия против наиболее эпифитотийно опасных болезней пшеницы: бурой ржавчины, септориоза листьев, септориоза колоса, мучнистой росы. Для рейтингового анализа показателя биологической (технической) эффективности были взяты однозначные варианты опытов, выполненные на восприимчивых сортах (Мироновская 808, Зара, памяти Федина) при однократном опрыскивании в конце фазы выхода в трубку.

Результаты сравнительного анализа показаны на рисунках 4 и 5. Препараты существенно отличались по эффективности. Биологическая эффективность химических препаратов была высокой против бурой ржавчины (80-95%) и мучнистой росы (90-100%) и существенно ниже против септориоза листьев (40-63%) и септориоза колоса (37-67%).

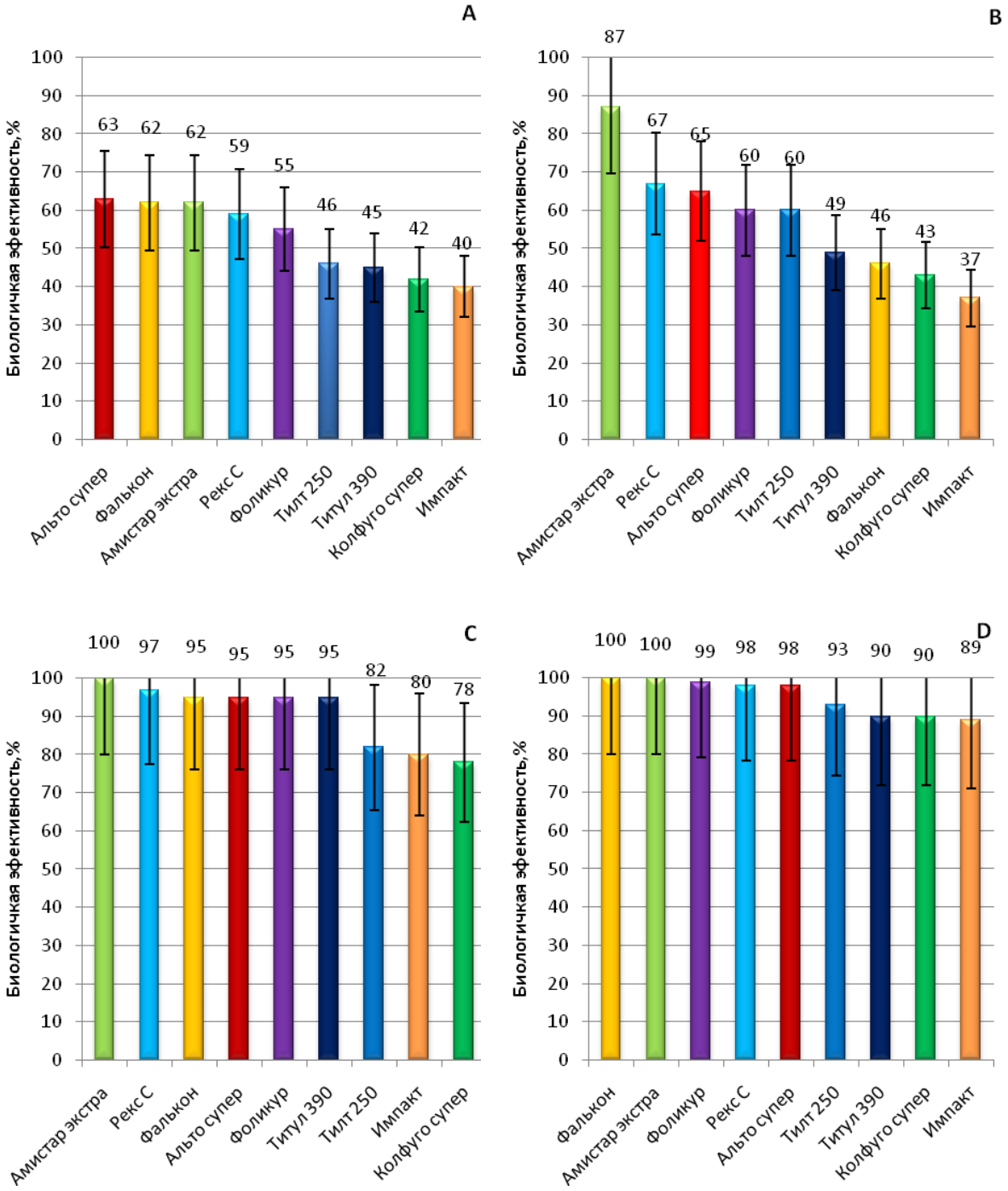

Рис. 4. Биологическая эффективность химических фунгицидов против септориоза листьев (A), септориоза колоса (B), бурой ржавчины (C), мучнистой росы (D), 2003-2007 гг.

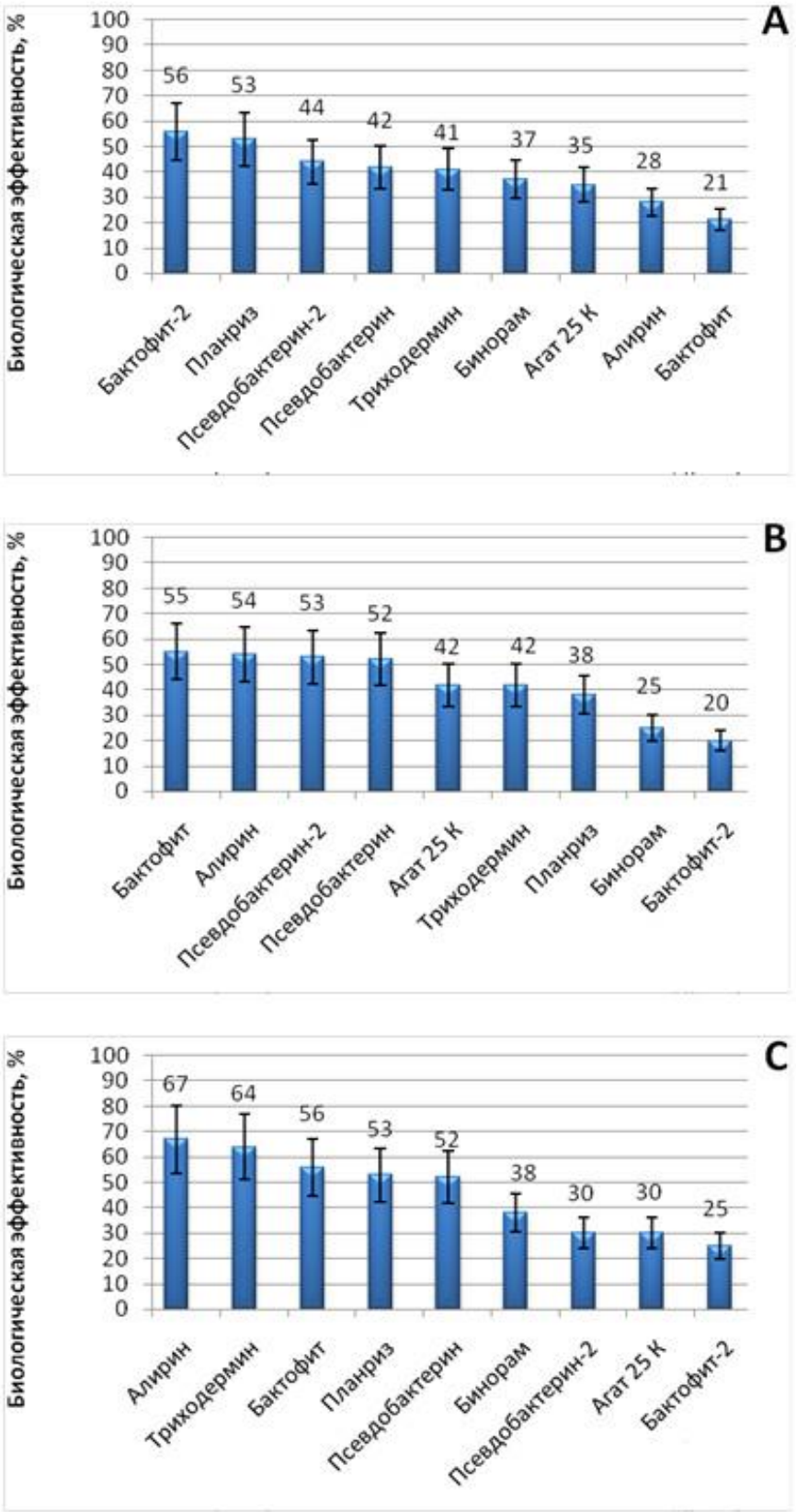

Рис. 5. Биологическая эффективность биопрепаратов против септориоза листьев (А), септориоза колоса (В) и бурой ржавчины (С) при однократном опрыскивании в фазу 39 (Центральный район, ВНИИФ, сорт Мироновская 808, 2003-2007 гг.)

Наиболее высокую эффективность против бурой ржавчины проявили Амистар экстра, Рекс С, Фалькон; против мучнистой росы – Фалькон, Амистар экстра, Фоликур; против септориоза листьев – Альто супер, Фалькон, а против септориоза колоса – Рекс С и Альто супер.

Биологические препараты уступали по эффективности химическим. Против бурой ржавчины они варьировали от 25 до 67 %, а против септориоза листьев и колоса от 20 до 56 %. Как и у химических препаратов рейтинг эффективности для разных болезней существенно различался.

Таким образом. Разные фитосанитарные ситуации требуют своих средств защиты. При защите высокоурожайных посевов и угрозе интенсивного развития болезней следует применять химические препараты, а на низкоурожайных посевах и при слабом развитии болезней можно использовать биологические средства защиты.

Хозяйственно-экономическая адаптация. Защита растений, как указывалось выше, является сложным, наукоемким, многофакторным и многовариантным мероприятием. В то же время при всей сложности ее экономическая эффективность определяется, в конечном итоге, соотношением двух основных переменных: 1) стоимости урожая, теряемого от вредящего биообъекта или группы биообъектов при отсутствии защиты, 2) стоимости урожая, получаемого в результате проведения защитных мероприятий. Почему переменных? Как первый, так и второй показатели, как было показано выше, зависят от большого числа непостоянных факторов биотической и абиотической природы, которые существенно варьируют по регионам, агропроизводственным ситуациям (структуры, популяции вредных биообъектов, сорта, агрофоны), урожайности культур, погодных условий.

Если стоимость урожая, сохраненного в результате защиты, выше стоимости урожая, теряемого без ее проведения – защита рентабельна, если ниже – нерентабельна. Это аксиома. В конечном итоге обоснованность системы защиты определяется ее экономической целесообразностью. Ушло в прошлое время, когда применение в сельскохозяйственном производстве агроприемов, технологий, систем носило, зачастую, необоснованный директивный характер. Сейчас ни один разумный хозяйственник не станет использовать то или иное агромероприятие, если его целесообразность экономически не обоснована.

Приведу простые экономические расчеты. Современная химическая защита растений, как указано выше, является дорогостоящим мероприятием. Затраты только на однократное опрыскивание пшеницы фунгицидами в зависимости от стоимости применяемого препарата могут варьировать от 1000 до 3000 руб./га. При складывающихся в настоящее время рыночных ценах на зерно пшеницы разного класса эти затраты окупаются сохраненным урожаем от 1,0 ц/га до 3,0 ц/га (табл. 7).

Таблица 7

Минимальные размеры сохраняемого урожая пшеницы, окупающие затраты на однократное опрыскивание посевов фунгицидами, ц/га.*

Культура / Препарат	Пшеница			
	мягкая		твердая	фуражная
	3 класс	4 класс	2 и 3 классы	
Альто супер, КЭ – 0,5 л/га	1,8	2,0	1,2	2,0
Абакус Ультра, СЭ – 1,0 л/га	1,5	1,6	1,0	1,7
Амистар Экстра, СК – 0,5 л/га	2,0	2,2	1,4	2,3
Амистар Трио, КЭ – 0,8 л/га	2,6	2,8	1,7	2,9
Зантара, КЭ – 0,8 л/га	2,7	2,9	1,8	3,0
Колосаль Про, КМЭ – 0,4 л/га	1,5	1,6	1,0	1,7
Фалькон, КЭ -0,6 л/га	1,7	1,8	1,1	1,9

***** - по ценам 2015 года (данные МСХ – прайс-листы фирм производителей)

При двукратном опрыскивании, что часто необходимо при технологиях интенсивного зернопроизводства, затраты, естественно, возрастают вдвое (от 2060 до 4360 руб./га); вдвое увеличивается и величина окупающего затраты урожая (от 2,0 до 6,0 ц/га).

Урожай, его качество, потери урожая, патогенный комплекс являются базовыми факторами, определяющими стратегию, тактику и экономику защитных мероприятий.

На рис. 6 приведены зоны окупаемости затрат на химическую защиту пшеницы от болезней по территориям России, составленные на основе анализа результатов многолетних урожайных и фитосанитарных данных.

Окупаемость (рентабельность) химической защиты пшеницы в регионах России варьирует от 0,5 до 4,0 и более раз. На территориях, где вследствие агроэкологических и иных условий окупаемость относительно низкая, проведение химических мероприятий должно строго регламентироваться прогнозом урожая и опасности вспышки болезни. Здесь следует более широко применять селекционно-генетические, биологические и агротехнические методы защиты.

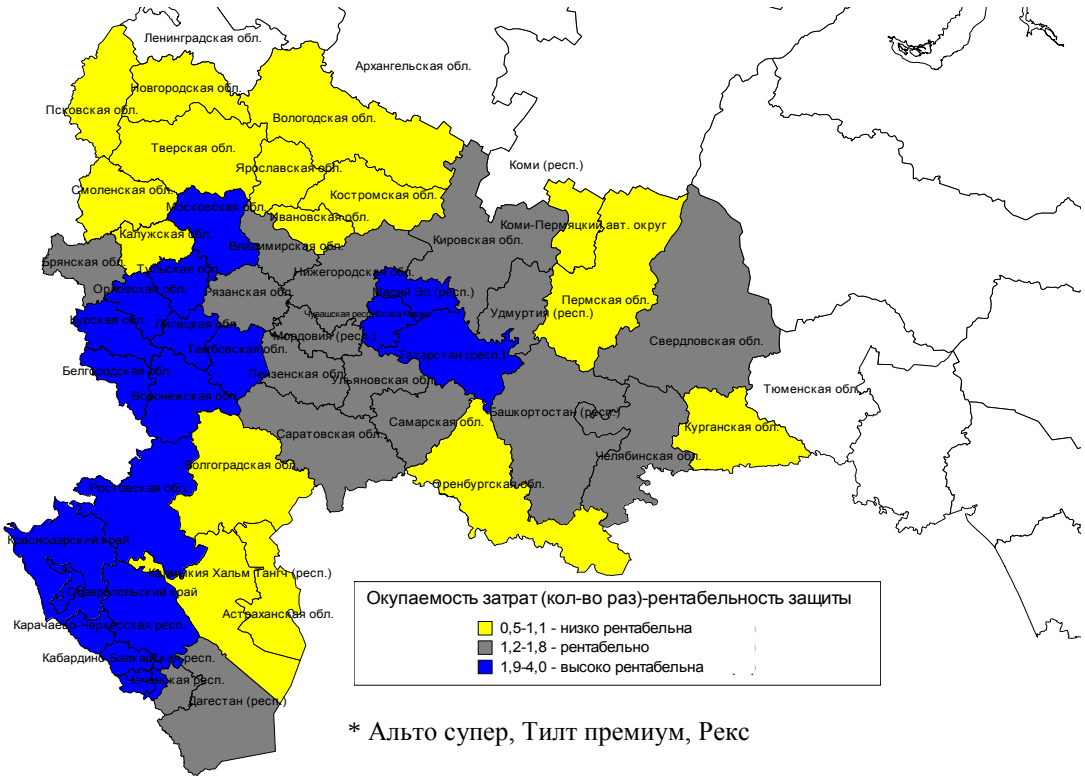

Рис. 6. Окупаемость затрат на химическую защиту пшеницы от болезней (количество раз) при среднерегиональных показателях урожайности

На территориях, отнесенных к зонам средней и высокой окупаемостьи, химический контроль может быть интенсивным, особенно при применении современных технологий зернопроизводства (высокий агрофон, высокоурожайные сорта и др.). Каждый регион,однако,представлен, как известно, агротерриториями с разной урожайностью. Адресатом адаптации технологии защиты растений должно быть конкретное поле и его фитосанитарные, агроэкологические и другие особенности текущего сезона.

Примеры разработки и использования в современных технологиях растениеводства адаптивных приемов защиты растений

можно было бы предложить, но и приведенных выше, по-видимому, достаточно для иллюстрации их значимости. Агроэкологические, фитосанитарные, хозяйственно-экономические адреса адаптации, как было показано, взаимосвязаны между собой: агрозона, технология, урожай; патоген, сорт, фунгицид; погода, болезнь, защита и другие. Учитывая многообразие факторов и их комбинации при выборе оптимальных решений по защите растений необходимо анализировать большой объем разнообразной информации. Современные достижения науки, технического и технологического прогресса позволяют это успешно осуществлять.

В мире разработано большое количество систем управления растениеводческим процессом, в том числе и защитой растений, учитывающих многообразие на каждом поле растениеводческих ситуаций.

Такие системы созданы и широко применяются в Германии, Нидерландах, Великобритании, Дании, США и других странах [13].

Во ВНИИ фитопатологии разработаны адресные консультативно-советующие системы управления защитой зерновых культур и картофеля от вредных организмов, которые находят практическое применение [1,15].

Идеи академика Александра Александровича Жученко о адаптивном сельскохозяйственном производстве живут, развиваются и будут еще долго служить мировой и отечественной науке и практике.

Литература

1. **Боровский К. В., Санин С. С.** Новый подход к развитию систем поддержки принятия решений по борьбе с эпидемичными заболеваниями пшеницы. Сб. Международной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вяземы, 2017. С. 359-367.

2. **Жученко А. А.** Адаптивная система селекции растений. Москва, 2001. – Т.1. 780 с.

3. **Жученко А. А.** Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Москва, 2008. Т. I. 813 с.

4. **Жученко А. А.** Адаптивный потенциал культурных растений. Кишинев, 1982. 767 с.

5. **Жученко А. А.** Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. Москва, 2009-2011. Т. 2. 618 с.

6. **Корнева Л. Г., Полякова Т. М., Сандухадзе Б. И., Санин С. С.** Фитосанитарные аспекты интенсивного зернопроизводства: сорт и агрофон. Сб. «Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы». Большие Вяземы, 2016. С. 306-314.

7. **Романенко А. А., Беспалова Л. А., Кудряшов И. Н., Аблова И. В.** Новая сортовая политикам и сортовая агротехника озимой пшеницы. Краснодар, 2005. 221 с.

8. **Санин С. С.** Стратегия современной защиты растений при интенсивном зернопроизводстве // Вестник ОрелГАУ. 2017. № 3 (66). С. 35-40.

9. **Санин С. С.** Адаптивно-интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от болезней при интенсивном растениеводстве. Сб. «50 лет на страже продовольственной безопасности страны». Большие Вяземы, 2008. С. 602-624.

10. **Санин С. С.** Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства // Защита и карантин растений. 2013. № 12. С. 3-9.

11. **Санин С. С.** Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Защита и карантин растений. 2016. № 1. С. 3-7.

12. **Санин С. С.** Роль сорта в интегрированной защите зерновых культур // Защита и карантин растений. 2007. № 3. С. 16-20.

13. **Санин С. С.** Фитосанитарная экспертиза - основа рациональной и экологически обоснованной защиты растений. Сб. «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». Санкт-Петербург, 2013. Т. 1. С. 272-274.

14. **Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации** // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2016. № 4. 879 с.

15. **Филиппов А. В., Кузнецова М. А., Рогожин А. Н., Сметанина Т. И., Демидова В. Н., Боровский К. В., Кононов В. М.** Система поддержки принятия решений для применения фунгицидов на картофеле. Сб. Международной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вяземы, 2017. С.368-375.

ADAPTIVE PROTECTION OF PLANTS: THE MOST IMPORTANT COMPONENT OF THE MODERN PLANT CULTIVATION

S. S. Sanin

Summary: Theoretical and applied aspects of the adaptive protection of agrocenoses against diseases have been discussed by the example of cereals. The basic biotic and abiotic addressees of the adaptation have been shown, such as the agroecological zone, agroterritory, cultivar, plant pathogen, phytosanitary technology, weather, rural economics, etc. The systems for the address management of the adaptive protection of cereals based on the use of consulting and advising systems have been proposed.

Key words: *adaptation, wheat diseases, biotic and abiotic factors, yield, yield losses, cultivar, protection technology, protection management.*

УДК 633.8

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА И БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ И АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

Н. И. Сидельников, член-корреспондент РАН,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва,
vilarnii@mail.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород

Резюме: Экзогенное внесение регуляторов роста в сочетании с органо-минеральными и микроудобрениями, обеспечивая гормональную сбалансированность, способствует оптимальному росту и развитию растений, приводит к получению максимальных урожаев лекарственного сырья с высоким содержанием действующих веществ.

Ключевые слова: *микроудобрения*, *Echinacea purpurea* (L.) Moench, *Macleaya cordata* (Will) R. Br., *Atropa belladonna* L., *Ammi majus* L., *урожайность, содержание действующих веществ*

Широкий спектр действия препаратов растительного происхождения связан с наличием в них ряда действующих и сопутствующих биологически активных веществ.

Процесс адаптации растений к условиям внешней среды возможно осуществлять путем гормонального регулирования, за счет применения регуляторов роста, органо-минеральных и микроудобрений. Экзогенное внесение данных препаратов дает возможность направленно регулировать отдельные этапы морфогенеза с целью мобилизации потенциальных возможностей растительного организма и направлять их на получение максимальной биопродуктивности [1,2].

Изучение биологических особенностей таких важных лекарственных культур, как эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.), маклея сердцевидная (*Macleaya cordata* (Will) R. Br.), и белладонна (*Atropa belladonna* L.), показало необходимость использования регуляторов роста, начиная с обработки семян (посадочного материала).

В полевых опытах было установлено, что обработка семян эхинацеи биорегулятором Эпин–экстра (в норме расхода 0,3 мл/кг семян) обеспечила раннее и дружное появление всходов (на 3-4 дня раньше, чем в контроле), интенсивный рост и развитие растений, площадь ассимилирующей поверхности к концу вегетации повышалась на 15 %, а масса растений на 19 %. Обработка семян белладонны суммарными растворами биорегуляторов Гиббереллин+Эпин-экстра (0,2 %+0,1 %) или Гиббереллин+Циркон (0,1 %+0,05 %) способствовала повышению энергии прорастания до 57,8 % и всхожести до 91,6 %. При этом в опытных вариантах наблюдался наибольший рост корневой системы и наземной части проростков белладонны: длина корня проростков увеличилась в 2-2,4 раза, надземная часть в 1,6-1,8 раз. Наблюдения, проведенные в полевых условиях, показали, что обработка семян белладонны сорта Багира баковыми смесями регуляторов роста обеспечила более раннее, чем в контроле (на 5-6 дней), появление всходов, также усиливался рост растений: к концу первого года вегетации площадь ассимилирующей поверхности превышала контроль на 13-21 %, количество листьев на 10-16 %, масса растений на 13-17 %.

Для повышения приживаемости рассады маклеи сердцевидной при закладке плантаций, усиления роста корневой системы и надземной части растений, необходима обработка корневой системы посадочного материала корнеобразователем ДваУ (1 мл/л). Как показали проведенные исследования, на вариантах опыта с использованием корнеобразователя ДваУ наблюдалось увеличение приживаемости растений маклеи по сравнению с контролем на 12 - 26 % (рис.1).

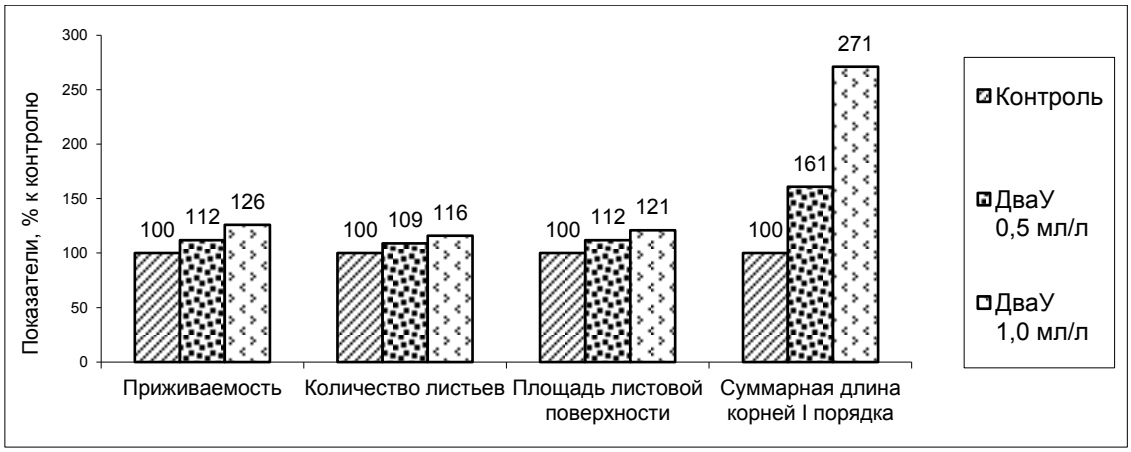

Рис. 1. Влияние корнеобразователя ДваУ на приживаемость посадочного материала и рост маклеи сердцевидной (через 60 дней после посадки)

Проведенный учет урожайности травы маклеи показал, что под влиянием биорегулятора увеличение урожайности составляет от 9 % до 16 %, за счет чего выход алкалоидов с единицы площади возрастает на 8-17 % по отношению к контролю.

Усиления роста надземной части лекарственных растений можно добиться путем некорневых подкормок универсальным стимулятором фотосинтеза Феровит, который усиливает физиолого-биохимические процессы, обеспечивает повышение урожайности травы маклеи сердцевидной на 21-29 %, белладонны на 22-26 %, эхинацеи пурпурной на 28-34 % и содержание действующих веществ на 5-6 %. Если лекарственным сырьем являются корни, целесообразно применение кремнесодержащего микроудобрения Силиплант, способствующего синтезу ауксинов, играющих важную роль в росте корневой системы растений. На примере эхинацеи пурпурной было установлено, что обработка вегетирующих растений данным микроудобрением повышает урожайность корней на 25-26 % и содержание гидроксикоричных кислот на 9-10 %. За счет повышения урожайности и содержания оксикоричных кислот наблюдается увеличение выхода действующих веществ с гектара на 38 %.

В связи с тем, что под влиянием кремния происходит усиление образования ауксинов, необходимых для формирования плодов, применение Силипланта на амми большой обеспечивает повышение завязываемости плодов, снижает их осыпаемость, уменьшает полегаемость растений (рис. 2).

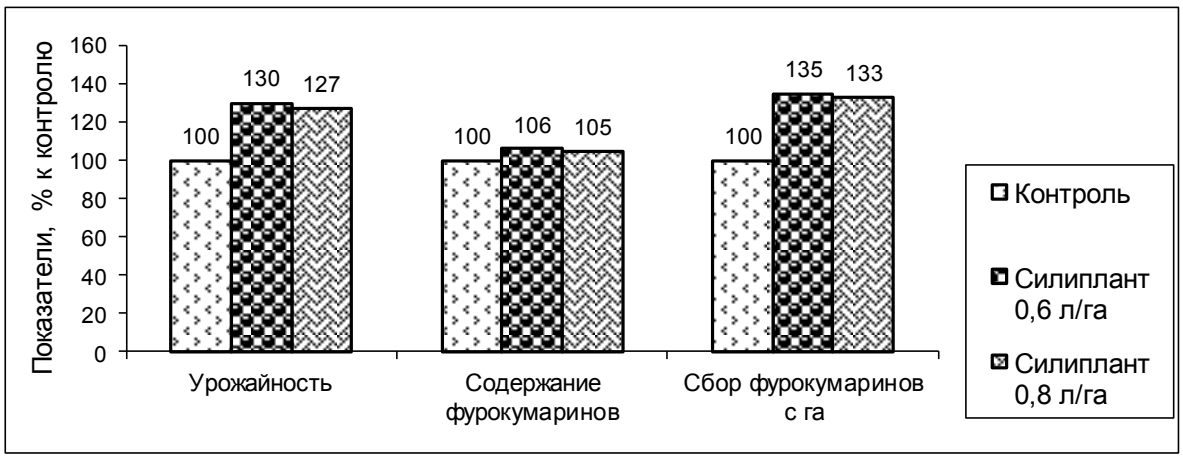

Рис. 2. Влияние кремнесодержащего микроудобрения Силиплант на урожайность и содержание действующих веществ в сырье амми большой

В связи с этим повышается урожайность лекарственного сырья на 2,6-3,4 ц/га. Препарат также оказал положительное влияние на содержание фурокумаринов и их сбор с гектара. Увеличение этих показателей составило 5-6 % и 33-35 %.

В условиях низкой влажности и высоких температур воздуха применение микроудобрений и биорегуляторов снижает степень отрицательного воздействия данных погодных условий на рост и развитие растений, позволяет им более продуктивно использовать ограниченные ресурсы влаги и, благодаря этому с меньшими потерями биопродуктивности преодолевать негативные погодные условия. Так, на эхинацее пурпурной при определении содержания оксикоричных кислот и сбора с гектара была установлена их зависимость от влияния, как погодных условий, так и применения регулятора роста и микроудобрения. Обработка Эпином-экстра эхинацеи в годы с оптимальными погодными условиями привела к значительному увеличению содержания оксикоричных кислот (12 %) и их сбору с гектара (41 %); при засухе повышение этих показателей было несколько ниже и составило 7 % и 20 %, соответственно. В тоже время применение Феровита обеспечило стабильную прибавку действующих веществ (5-6 %) и их сбор с гектара (31-39 %) независимо от погодных условий.

Приведенные экспериментальные данные еще раз показали необходимость выявления особенностей действия регуляторов роста при разных погодных условиях.

Таким образом, экзогенное внесение регуляторов роста в сочетании с органо-минеральными и микроудобрениями, обеспечивая гормональную сбалансированность, способствует оптимальному росту и развитию растений, приводит к получению максимальных урожаев лекарственного сырья с высоким содержанием действующих веществ.

Литература

1. Пушкина Г. П., Бушковская Л. М., Сидельников Н. И. Роль регуляторов роста и микроудобрений в адаптации лекарственных культур к абиотическим и биотическим стрессам // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии». № 7. 2012. С. 14-18.

2. Сластя И. В., Ложникова В. Н. Влияние кремния на рост растений и баланс эндогенных фитогормонов ярового ячменя // Агрохимия. 2010. № 3. С. 34-39.

INCREASING OF ADAPTIVE POTENTIAL AND BIOPRODUCTIVITY OF MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS

N. I. Sidelnikov

Summary: Exogenous introduction of growth regulators in combination with organo-mineral and microfertilizers, providing hormonal balance, promotes optimal growth and development of plants, leads to maximum yields of medicinal raw materials with a high content of active substances.

Key words: *microfertilizers, Macleaya cordata* (Will) R. Br., *Atropa belladonna* L., *Echinacea purpurea* L., *Ammi majus* L., *biologically active substances, plant-growth regulators.*

УДК 502/504:574.631:632

КОЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ (СРЕДООБРАЗУЮЩИЕ И ПРОДУКЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ)

М. С. Соколов[1], академик РАН,
А. П. Глинушкин[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
Е. Ю. Торопова[2], доктор биологических наук, профессор,
[1] *ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», Большие Вяземы, Московская область,*
[2]*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,*
sokolov34@mail.ru; glinale@gmail.com; 89139148962@yandex.ru

Резюме: обсуждаются директивные документы ФАО по оздоровлению деградированных почв и коэволюции мировых почвенных ресурсов агросферы. Почва агроценозов рассматривается как продукт коэволюции природной почвы. Анализируются её глобальные, средообразующие и продукционные функции. Констатируется актуальность и важность оздоровления почв России, подчёркивается необходимость оптимизации и повышения их продуктивности и здоровья посредством различных управляющих мероприятий, в первую очередь – органических удобрений. Обсуждается роль адаптивно-интегрированной защиты растений в повышении фитосанитарного статуса и здоровья почв агроценозов.

Ключевые слова: *дегумификация, качество почвы, плодородие и здоровье почвы, удобрения органические, фактологические критерии, факторы коэволюции, ФАО, функциональные параметры.*

В 2017 г. опубликован сводный доклад межправительственной (из 60 стран) группы экспертов ФАО («Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Управление системами, находящимися под угрозой». Рим. ФАО. 2017. 58 с. –http://www.fao.org/geonetwork). Основной вывод доклада: треть мировых почвенных ресурсов де-

градированы (в умеренной, высокой и катастрофической степени). В то же время ожидается, что к 2050 г. производство продовольствия в мире в среднем возрастёт на 70%, а в развивающихся странах – вдвое. При этом рост объёмов производства должен опережать прирост населения.

Очевидно, что Россия в этих условиях (как экспортёр продовольствия) должна работать на опережение. Удвоение производства продовольствия, фуража, технических культур – важная и престижная задача, осложняемая двумя обстоятельствами. Во-первых, это ущерб, систематически причиняемый урожаю биотическими стрессорами (~70 млн. т/год в пересчёте на зерно [6]). Во-вторых, это деградация российских почв, достигшая внушительных масштабов.

1. Деградация и патология почв агроценозов. В сводном докладе ФАО (http://www.fao.org/geonetwork) выделены следующие типы деградации почв агроугодий: 1) *эрозия* (ежегодно в мире из-за водной и ветровой эрозии безвозвратно утрачивается 25÷40 млрд. т плодороднейшей почвы), 2) *дегумификация* (утрата почвой органических соединений), 3) *дисбаланс питательных веществ* (NPK и др.), 4) *засоление*, 5) *загрязнение*, 6) *подкисление*, 7) *утрата биоразнообразия*, 8) «*запечатывание*» (герметизация), 9) *переуплотнение*, 10) *переувлажнение.*

В зависимости от географических и региональных условий процессы деградации различаются по интенсивности и характеру проявления. Так, в Центрально-Чернозёмном экономическом районе России преобладают водная и ветровая эрозия, загрязнение почвы промышленными выбросами и ТРН (техногенные радионуклиды), а также её переуплотнение; аналогичная ситуация – в Поволжском районе, где имеют место ещё и подтопление, опустынивание, засоление, зарастание мелколесьем, переувлажнение, заболачиваемость, загрязнение нефтепродуктами; та же ситуация в Западной Сибири, исключая загрязнение почвы ТРН (www://studfiles.net/preview).

Впечатляющий пример деградации почв агроценозов России – широкое распространение дегумусированных, больных, кондуктивных почв, засёленных *возбудителями корневых гнилей зерновых злаков.* Это – общемировая тенденция всех зерносеющих стран. В РФ почвенные фитопатогены практически повсеместно (на ~80%)

инфицировали агроценозы пшеницы и ячменя. Следующий по значимости ущерб – это прямые потери мирового урожая (~25%) из-за «*почвоутомления»* или токсикоза почв. Его индукторы – метаболиты растений, микотоксины, *остатки стойких гербицидов* [1].

Ситуация с утратой качества почвы в стране настолько усугубилась, что почвоведы настаивают на создании *особых охраняемых природных территорий,* особой охране наиболее ценных почвенных ресурсов. В соответствии со ст. 62 ФЗ РФ «Об охране окружающей среды» (2002 года) инициируется подготовка «*Красных книг эталонных, редких и исчезающих почв*».

2. Здоровье почвы – важнейшая агроценотическая категория. Эксперты ФАО рассматривают *здоровье почвы* как важнейшую, наряду с плодородием, характеристику качества почв агросферы. Если категория «плодородие» оперирует преимущественно агрофизическими и физико-химическими оценками и показателями почвенной экосистемы, то здоровье характеризует её средообразующие, экологические функции. Они реализуются биотической составляющей почвы, её *геобионтами*, преимущественно микроорганизмами и мезофауной. Природные почвы (исключая аномальные), независимо от их продуктивности, *a priori* относят к здоровым. В то же время, только здоровая культивируемая почва в состоянии удовлетворить разумные потребности социума в продовольствии, биомассе (энергии), волокнах, кормах и иных видах агропродукции. Агроценозы и биогеоценозы обеспечивают человека такими облигатными, жизненно необходимыми ресурсами как чистые вода и атмосферный воздух.

Существуют различные содержательные характеристики здоровья почвы [1,4]. Впервые это понятие в научную литературу ввели американские почвоведы–экологи [8]. Предпочтительнее предельно краткое определение: «***здоровье почвы*** *– это биологическая категория почвенной экосистемы, характеризуемая трансформацией соединений биофильных элементов и её самоочищением от чужеродных, вредных для аборигенной биоты агентов – химических и биологических*». Здоровье почвы – это её способность как экосистемы неопределённо долго функционировать в качестве компонента наземно-почвенной экосистемы (биогеоценоза), обеспечивать биопродуктивность, качество воды и воздуха, здоровье растений, животных и человека. Благодаря супрессирующим свой-

ствам здоровая почва защищает агроценоз и урожай от инфицирования патогенами и расхищения конкурентами [1,4,6,8].

Итак, *здоровая почва* – это нормативно чистая почва, содержащая ксенобиотические и природные поллютанты, патогенные и фитопатогенные микроорганизмы в пределах установленных *гигиенических нормативов* и/или региональных *экономических порогов вредоносности,* ЭПВ (применительно к фитопатогенной биоте).

3. Показатели здоровья почвы. В природной почве протекают важнейшие *биогеохимические циклы биофильных элементов* и *микроорганизмов*. В почве агроценозов подобные циклы, как правило, *в различной степени разомкнуты человеком*. Из-за недостатка питательных субстратов и несбалансированного функционирование геобионтов эти циклы *нарушаются*, а уникальнейшие природные средообразующие процессы почвы – супрессирующая активность, самоочищение от поллютантов, трансформация биофилов (C, N, P и др.) *дезорганизуются* [1,4,6,7,8].

Здоровье почвы предложено оценивать посредством облигатных *биогеохимических показателей,* таких как: 1) фактологические критерии (нормативы) – фитосанитарные, гигиенические, экологические, а также биологические и экономические *пороги вредоносности;* 2) функциональные параметры, *количественно* характеризующие: а)интенсивность биотрансформации соединений важнейших биофильных элементов (в первую очередь азота), б) супрессию микробами–антагонистами патогенов и фитопатогенов, в) самоочищения почвы от поллютантов, другие средообразующие процессы [1,4]. Методические указания по количественной оценке этих параметров в полном объёме пока не разработаны, здесь мы находимся ещё только в начале пути.

Функциональные параметры здоровья почвы, показатели ЭПВ могут рассматриваться при фитосанитарном прогнозировании как значимые *предикторы* потенциальной продуктивности почв агроценозов, а также использоваться в качестве оценочных показателей при их бонитировке.

4. Коэволюция почвенного компонента наземно-почвенной экосистемы и природного биоклиматического потенциала. Почва агроценоза – это продукт *коэволюции* исходной природной почвы и техногенеза. Для поддержания стабильной продуктивности и здоровья культивируемой почвы с времён неолита человек пыта-

ется искусственно управлять агроценотическими категориями (посредством удобрений, других агротехногенных воздействий). Неоднозначными для социума последствиями являются *улучшение, ухудшение,* либо *гомеостаз* показателей качества почвы. Следовательно, реальная продуктивность агроценоза – это интегральный результат коэволюционного взаимодействия двух групп детерминирующих средообразующих факторов – *природно-климатических* (биоклиматический потенциал, сельскохозяйственный потенциал климата) и *агротехногенных* (антропогенных) [5]. Поэтому деградация почвы и её патология – следствие исключительно неадаптивного, деструктивного техногенеза.

Природные биогеоценозы, благодаря им присущему биоразнообразию, характеризуются *эволюционной адаптивностью.* Почва – это как бы основной (на 90-95%) «мегабиотоп» всего природного биоразнообразия. В качестве *агротехногенных средообразующих факторов* – индукторов биоразнообразия – чаще всего рассматривают [5]: 1) обустроенный агроландшафт, 2) севооборот / плодосмен, 3) системы обработки почвы, 4) удобрения, 5) системы защиты растений, 6) доминирующие культуры, их сортимент, 7) режим орошения. Постоянно действующие «вечные» *природно-климатические факторы* коэволюции земного биоразнообразия [2,5] – это: 1) инсоляция, 2) почва, 3) её термический и 4) водный режимы, 5) рельеф, 6) биота суши, 7) аномальные стрессорные явления, форс-мажорные ситуации.

Как свидетельствует многовековой опыт, простое копирование природных процессов и феноменов зачастую не только высокозатратно, но и приводит к деградации биосистемы. Наглядный пример сказанному – тяжелейшие негативные последствия орошения посевов неоправданно высокими оросительными нормами. В их числе: безвозвратные потери биофилов, вторичное засоление, слитизация почвы, подъём и загрязнение грунтовых вод, подтопление смежных земельных угодий, утрата биоразнообразия и т. п. Негативные последствия отмечены и при неудачном выборе предшественника: близкородственная озимой пшенице поражённая фузариозом кукуруза, инфицируя почву, индуцирует эпифитотии фузариоза колоса и зерна; напротив, фитосанитарные предшественники (согласно многолетним исследованиям Новосибирского и Оренбургского ГАУ) позволяют приемлемо защитить урожай от фито-

патогенов и фитофагов даже в отсутствие пестицидов и биопрепаратов [1,5].

Техногенные факторы по-разному влияют на фитосанитарную ситуацию агроценоза. Индуцирование в агро- и лесоценозах разнообразия видов (пород) растений (в противовес монокультуре) оптимизирует средообрузующие функции и автотрофов, и геобионтов – гетеротрофов, микробов–антагонистов. Гетеротрофная биота почвы мобилизует биофильные элементы и энергоресурсы не только из растительных остатков и мортмассы; в процессе *рециклинга* она ассимилирует разнообразные ксенобиотики, сельскохозяйственные и промышленные отходы, что представляет реальный практический интерес. Утрата почвой гетеротрофной функции вынуждает землепользователя применять биопрепараты (триходермин и т. п.) для деструкции в поле стерни, иных послеуборочных остатков урожая; это требует дополнительных затрат и свидетельствует о серьёзном нарушении здоровья почвы.

Оптимизацию фитосанитарного состояния агроландшафта обеспечивают: 1) севооборот, 2) смешанные посевы, 3) буферные (без пестицидов) зоны, 4) живые изгороди, 5) экологические коридоры, 6) рефугиумы (убежища), прочие элементы и приёмы его обустройства [1,5]. Решающая роль в индуцировании биоразнообразия геобионтов принадлежит растительным остаткам (фитомассе, мортмассе), а также продуктам жизнедеятельности домашних животных.

Итак, посредством адаптированных агротехнологий – селекционно-генетических, фитосанитарных, ухода за почвой, иных агротехнических приёмов реализуется положительная, энергетически эффективная коэволюция агросферы и биосферы [2]. В отсутствие гармонизации наземно-почвенных агроэкосистем и биоклиматического потенциала биосистемы в конечном счёте деградируют, агротехнологии становятся ущербными из-за нерентабельности и энергетической неэффективности. Важнейшим индуктором гармонизации коэволюции двух геосфер служат органические удобрения.

5. Органические удобрения как управляющий агроценотический фактор. Почвенному органическому веществу принадлежит центральную роль в поддержании средообразующих функций наземно-почвенной экосистемы, в её защите от деградации, в

улучшении и стабилизации здоровья почвы. Не будем забывать, что почва – самое крупное в мире хранилище органического углерода. В последнее время подчёркивают важную роль коэволюции почвы в *изменении земного климата*. Обсуждают возможность смягчения негативных последствий этого процесса посредством управления агроценозным балансом CO_2 в его малом биогеохимическом цикле: «*эмиссия CO_2 почвой → ассимиляция CO_2 автотрофами → связывание ассимилятов гумусом почвы → катаболизм гумуса → эмиссия CO_2 почвой* и т. д.». Полагают, что *дегумификация* не только способствует эрозии почвы, ухудшает её агрофизические свойства и питательный режим, но и индуцирует *глобальное потепление.*

Практически все агротехногенные факторы, управляющие фитосанитарным режимом почвы (п. 4), обеспечивают также и аккумуляцию почвенного гумуса. Тем не менее, ведущую роль в этом процессе отводят *органическим удобрениям.* Будучи основным сырьём для пополнения почвенного органического вещества, именно они стабилизируют плодородие, здоровье, а, в конечном счёте – и продуктивность почвы.

Отечественное агропроизводство практически повсеместно располагает существенными ресурсами для резкого увеличения современных, высокоэффективных и экологичных органических удобрений. Однако их производству, хранению и рациональному применению пока не уделяется должного внимания. Так, при средней норме их внесения всего 1,3 т/га и наличии исходного сырья ~ 5 т/га (2016 г.) для обеспечения бездефицитного баланса гумуса доза органики должна быть ≥10 т/га. В целом по стране ею удобрялось всего ~ 9% посевов, минеральными удобрениями >50% [3].

Основные, наиболее перспективные и доступные резервы для образования в почве свежего органического вещества – солома, корневые и пожнивные остатки, сидеральные культуры, обеззараженные продукты жизнедеятельности сельскохозяйственных животных (компост, вермикомпост), а также древесный уголь – биочар, произведённый по специальной технологии из отходов растениеводства и лесного хозяйства. В результате регулярного, научно обоснованного применения органических удобрений на угодьях с деградированным, дегумусированным почвенным покровом в короткие сроки удаётся «вылечить» почву, улучшить показатели её плодородия и здоровья.

Таким образом, благодаря *полифункциональному действию* на агроценоз органических удобрений их регионально-локальное производство и применение рассматриваются как важнейший фактор биологизации земледелия, пурификации компонентов экосферы, гумификации почвы и стабилизации её плодородия. Уникальна роль органики в элиминировании и/или минимизации развития возбудителей почвенных (корне–клубневых) болезней, а также в сдерживании вредоносности ряда фитофагов, в снижении засорённости посевов. Очевидно, пришло время всерьёз заняться гумификацией наших почв!

Выводы

1. Эксперты ФАО в рамках глобального почвенного партнёрства разработали общие рекомендации по рациональному использованию и коэволюции почвенных ресурсов (РИПР), адресованные заинтересованным странам. РИПР направлены на минимизацию и профилактику деградации и патологии мировых почв, которым сегодня подвержены треть земельных угодий. Констатируется, что эколого-генетическое разнообразие почв педосферы определяет их глобальные средообразующие функции, в частности, гомеостаз климатических констант планеты.

2. РИПР способствуют успешному оздоровлению почв, выполнению странами–участниками обязательств по их улучшению. В рамках РИПР почвы обозначены как одно из главных природных достояний, удовлетворяющих насущные потребности социума в агропродукции и облигатных экосистемных услугах. Коэволюция природных и техногенных факторов, их гармонизация оптимизируют продуктивность почв агросферы.

3. Здоровая почва определяет здоровье человека, домашних животных, наземной и почвенной биоты, обеспечивает производство нормативно чистой агропродукции, создаёт здоровый статус водной и воздушной сред. Здоровая почва в значительной степени предохраняет агроценозы и урожай от инфицирования патогенами, расхищения конкурентами, загрязнения микотоксинами, биологическими и химическими вредными агентами.

4. Академик РАН и РАСХН, незабвенный А. А. Жученко научно-философски обосновал концепцию адаптивно-интегрированной защиты растений и урожая. Разработанная на её

основе стратегия адаптивно-интегрированной защиты растений апробируется в агрорегионах страны. Стратегия близка парадигмам *«устойчивой интенсификации и биологизации растениеводства»* и «*сокращению использования пестицидов*», успешно реализуемым с начала XXI века странами ЕС.

5. Полномасштабное освоение землепользователями стратегии и тактики адаптивно-интегрированной защиты растений позволит: а) корректнее прогнозировать последствия коэволюции агротехногенных факторов и биоклиматического потенциала, б) успешнее адаптировать и гармонизировать системы агротехнологий к региональным условиям, в) защитить агроценозы и урожай от биотических и абиотических стрессоров, а конечном счёте – остановить и минимизировать деградацию наших почв – бесценное национальное достояние России.

Литература

1. Глинушкин А. П., Соколов М. С., Торопова Е. Ю. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве. М.: Агрорус. 2016. 288 с.

2. Жученко А. А. Основы адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов от вредных видов // Роль моби-лизации генетических ресурсов цветковых растений. Саратов. 2012. С.180–195.

3. Кудеяров В. Н., Соколов М. С., Глинушкин А. П. Современное состояние почв агроценозов России, меры по их оздоровлению и рациональному использованию // Агрохимия. 2017. № 6. С. 3-11.

4. Семенов А. М., Соколов М. С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // Агрохимия. 2016. № 1. С. 3-16.

5. Соколов М. С., Торопова Е. Ю., Чулкина В. А. Общие принципы разработки и реализации фитосанитарных технологий // Вестник защиты растений. 2007. № 2. С. 25-43.

6. Соколов М. С., Спиридонов Ю. Я., Глинушкин А. П., Каракотов С. Д. Стратегия фундаментально-прикладных исследований в сфере адаптивно-интегрированной защиты растений // Агрохимия. 2018. № 5. С. 3-12.

7. Торопова Е. Ю., Казакова О. А., Селюк М. П., Соколов М. С., Глинушкин А. П. Факторы индукции супрессивности почвы // Агрохимия. 2017. № 4. С. 58-71.

8. Doran J. W., Sarrantonio M., Liebig M. A. Soil health and sustainability // Advanc. Agron., 1996. V. 56. P. 1–54.

THE AGRO-SOILS CO-EVOLUTION UNDER THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC AND NATURAL FACTORS (ENVIRONMENT-FORMING AND PRODUCTION ASPECTS)

M. S. Sokolov, A. P. Glinushkin, E. Yu. Toropova

Summary: FAO policy documents on the degraded soils improvement and the world's agro-soil resources co-evolution are discussed. The agrocenoses soil is considered as a product of natural soil co-evolution. The global, environment-forming and productive soil functions are analyzed. The urgency and importance of the soil improving in Russia are stated. The need to optimize and improve soil productivity and health through various management measures, in the first place - organic fertilizers, is emphasized. The adaptively integrated plant protection role in improving the agro-soils phytosanitary status and health is discussed.

Key words: *dehumification, soil quality, fertility and soil health, organic fertilizers, factual criteria, co-evolution factors, FAO, functional parameters.*

УДК 634. 582.711.71:631.559

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕДКИХ САДОВЫХ КУЛЬТУР КАК ПРОДУЦЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В. Н. Сорокопудов[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. И. Мячикова[2], кандидат технических наук, доцент
А. Г. Куклина[3], кандидат биологических наук
Ч. Жеоржеску[4], кандидат химических наук, доцент
[1]*ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва,*
sorokopud2301@mail.ru
[2]*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород,*
myachikova@bsu.edu.ru
[3]*ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН», г. Москва*
[4]*Университет «Лучиан Блага» Сибиу, Сибиу, Румыния,*
cecilia.georgescu@ulbsibiu.ro

Резюме: В статье представлены материалы по содержанию биологически активных веществ в плодах редких садовых культур. Многими исследователями установлено, что плоды и ягоды оказывают всестороннее положительное действие на здоровье человека, являются ценнейшим источником антиоксидантов и других биологически активных веществ, поэтому в научных программах по селекции редких садовых культур необходимо вести направленную селекцию этих культур на повышение содержания биологически активных веществ и антиоксидантов.

Ключевые слова: *биологически активные вещества, редкие садовые культуры, продуценты.*

В процессе жизни и развития человека питание было и остается одним из ведущих факторов. С точки зрения современной науки о питании пища является не только источником пластического материала и энергии, но и комплекса биологически

активных веществ, участвующих в регуляции отдельных функций организма.

Биологически активные вещества (БАВ) – общее название веществ, имеющих выраженную физиологическую активность. В методических рекомендациях [3] все БАВ разделены по их химической природе на группы, среди которых присутствуют моно- и дисахариды, производные моносахаридов, полисахариды, пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, фенольные соединения, полифенольные соединения, пигменты, органические кислоты, источниками которых является растительное сырье.

Биологически активные вещества растительной клетки имеют много общего в своем строении с веществами, образующимися в клетках животных и человека. Следовательно, они лучше усваиваются и легко подвергаются биохимическому разрушению в организме.

Наибольшую ценность в питании плоды дикорастущих видов представляют как источник биологически активных веществ: витаминов, макро- и микроэлементов, веществ специфического действия, различных пищевых волокон [7]. Благодаря наличию перечисленных групп соединений дикорастущие улучшают пищеварение, сердечно-сосудистую деятельность, нервно-эмоциональное состояние человека, поэтому многие плоды и ягоды незаменимы в питании. Средняя годовая потребность человека в плодах дикорастущих видов растений составляет 7 кг.

Пищевая ценность плодов дикорастущих видов растений во многом определяется наличием в них витаминов и витаминоподобных веществ. В плодах растений представлены водо- и жирорастворимые витамины. К числу водорастворимых относятся аскорбиновая кислота, витамины группы В (B_1 B_2, B_6, PP и др.), биофлавоноиды [1].

По содержанию витаминов отдельные виды дикорастущих растений сильно различаются. Ягоды семейства брусничных, а также ежевика, костяника, морошка, черемуха содержат 10-20 мг/100 г витамина С. Среднее его количество (от 30 до 75 мг/100 г) характерно для земляники, калины, рябины, голубики, жимолости, красники. Смородина черная по содержанию аскорбиновой

кислоты превосходит многие виды плодовых и ягодных растений, накапливая ее до 500 мг/100 г [5].

В группу Р-активных соединений входят антоцианы, лейкоантоцианы, катехины, хлорогеновые кислоты, флавонолы, отличающиеся по химическому составу, но имеющие сходное действие на организм человека. Суммарное содержание Р-активных веществ составляет 0,2-0,6% у плодов и ягод, имеющих светло-красную окраску. У интенсивно окрашенных и черноплодных культур, таких как черника, черная смородина, голубика, жимолость, терн, виноград амурский, содержание Р-активных веществ достигает 1-1,5 % и более [4].

Дикорастущие растения не отличаются высоким содержанием витаминов B_1, B_2 и не могут восполнить потребности человека. Лишь шиповник, чернику, голубику, некоторые виды терпких мелкоплодных яблок можно считать реальными поставщиками рибофлавина, рябину – эффективным источником тиамина.

Ниацин (PP) содержится во всех плодах дикорастущих растений, но в количествах, далеких от оптимальных. Больше других содержат ниацина черника, шиповник, облепиха, малина.

Наибольшую ценность некоторые дикорастущие представляют как источник фолиевой кислоты (B_9, фолацин). Из плодов дикорастущих, легко восполняющих потребность человека в фолацине, следует назвать рябину, шиповник, землянику, малину.

Плоды дикорастущих растений с интенсивно желтой окраской мякоти богаты каротиноидами, в том числе β-каротином, который в значительных количествах содержится в облепихе, боярышнике, шиповнике.

Витамин Е по химической природе представляет собой группу близкородственных соединений – токоферолов, существующих в трех формах: *α, β, γ*. Наибольшая биологическая активность свойственна *α*-токоферолу. Токоферолы синтезируются только растениями. Исключительно богата ими облепиха – до 18 мг/100 г в плодах и в десятки раз больше в масле. Богаты токоферолами шиповник, боярышник, рябина обыкновенная, достаточно много их в борщевике и папоротниках.

Витамин К в плодах и ягодах он содержится в форме K_1 (филлохинон). Сведения о количестве филлохинона в плодах

дикорастущих растений ограничены. По имеющимся данным, больше других витамина K_1 накапливают рябина, черная смородина, шиповник, черника.

Плоды дикорастущих растений являются источником минеральных веществ, играющих важную роль в обменных процессах. Общее количество минеральных веществ или золы в их составе достигает 0,2-0,54 % [6]. В составе золы обнаружены также макро-, микро- и ультрамикроэлементы.

Качественный состав и количественное содержание отдельных элементов в плодах дикорастущих различны, что обусловлено их биологическими особенностями, видовой специфичностью аккумулировать элементы, обеспеченностью почв доступными формами элементов.

Плоды дикорастущих растений богаты калием, натрием, кальцием, магнием, дают начало щелочным соединениям, регулируя тем самым щелочно-кислотное равновесие.

Наиболее высоким содержанием калия отличаются плоды черной смородины, алычи, облепихи, малины, черемухи, морошки, яблони и семейства брусничные. По содержанию натрия и кальция виды дикорастущих различаются незначительно. Из плодов дикорастущих растений магнием богаты черная смородина, терн, алыча, облепиха, жимолость, морошка. Содержание фосфора в составе плодов дикорастущих видов растений невелико – 8-126 мг/кг.

Железо из растительных продуктов усваивается организмом человека лишь на 10 %. Больше других накапливают железо шиповник, земляника, черемуха, калина, ягоды из рода малины. Яблоки сибирские мелкоплодные превосходят своих культурных сородичей по способности к накоплению железа (до 32 мг/кг свежих плодов) [2]. При этом многие плоды дикорастущих растений остаются довольно эффективным источником железа в питании населения.

Признанным накопителями марганца являются ягоды семейства брусничных (брусника, черника, красника), содержащие до 63 мг/кг марганца. В плодах малины, черемухи, калины, земляники, черной смородины обычно содержится марганец в

пределах 16-34 мг/кг. Усвояемость марганца составляет в среднем 50 %.

Из числа других незаменимых микроэлементов в плодах дикорастущих видов растений обнаружены никель и хром, активизирующие многие ферменты. Никель обнаружен в плодах брусники, клюквы, рябины обыкновенной, калины в количествах от 0,05 до 0,19 мг/кг, в облепихе – 0,28-0,42 мг/кг. Хром обнаружен в плодах калины, красники, клюквы, голубики, рябины, облепихи в количестве 0,05-0,16 мг/кг.

Среди микроэлементов, не оказывающих выраженного физиологического или токсического воздействия на организм, в плодах дикорастущих видов растений обнаружены алюминий, барий, бор, литий, серебро, титан.

Плоды и ягоды – основные поставщики полифенольных веществ в пищевом рационе человека. Полифенолы плодов дикорастущих растений представлены преимущественно следующими тремя группами соединений: флавоноиды (катехины, лейкоантоцианы, флавонолы, антоцианы); производные коричной кислоты (кофейная, феруловая, синаповая, хлорогеновая кислоты, кумарин и его гликозиды); фенолкарбоновые кислоты (протокатеховая, галловая и др.).

Полифенолы формируют важнейшие потребительские свойства плодов дикорастущих растений, создавая неповторимый вкус, характерный для каждого вида. Из четырех основных вкусов – сладкого, кислого, горького, вяжущего – последние два определяются полифенолами. Носителями горького вкуса являются флавононы, вяжущего – флавонолы [8].

Выводы

Таким образом, плоды и ягоды оказывают всестороннее положительное действие на здоровье человека, являются ценнейшим источником антиоксидантов и других биологически активных веществ, поэтому необходимо вести селекцию этих культур, направленную на повышение содержания биологически активных веществ и антиоксидантов.

Литература

1. **Бухарин П. Д., Шабалина А. М., Буракова М. И. и др.** Витамины в овощных, плодовых и ягодных растениях средней полосы России / отв. ред. А.С. Демидов; Гл. бот сад им. Н.В. Цицина. М. : Наука, 2005. 144 с.

2. **Губина М. Д., Скуковский Б. А., Федотова Т. К.** Биохимическая характеристика плодов некоторых видов дикорастущих ягодных кустарников Западной Сибири // Растительные ресурсы. 1974. Т. 13, вып. 4. С. 679-685.

3. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ : утв. 02.07.2004 – М. : Минздрав России, 2004. 46 с. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200037560.

4. **Сорокопудов В. Н., Еремина Е. В., Гуторов И. Д.** Плоды смородины и крыжовника – источник поливитаминного сырья для населения и перерабатывающей промышленности // Пища. Экология. Качество : сб. мат-лов межд. науч.-практич. конф. (Краснообск, 26-27 февраля 2001 г.): РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИПТИП. Новосибирск, 2001. С. 54-56.

5. **Сорокопудов В. Н., Мелькумова Е. А.** Биологические особенности смородины и крыжовника при интродукции. РАСХН. Сиб. отд. Новосибирск, 2002. 296 с.

6. **Сорокопудов В. Н., Сорокопудова О. А., Куклина А. Г., Мячикова Н. И.** Дикорастущие ягодные культуры – источник биологически активных веществ как обязательный компонент питания и здоровья человека // Экологические аспекты жизнедеятельности человека, животных и растений: монография /под ред. акад. РАЕН Т.А. Нугмановой. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2017. С. 121-139.

7. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник / под ред. В. А. Тутельяна. Москва: ДеЛипринт, 2008. 276 с.

8. **Цапалова И. Э., Губина М. Д., Позняковский В. М.** Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. 180 с.

PROSPECTS OF USING RARE GARDEN CROPS AS PRODUCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

V. N. Sorokopudov, N. I. Myachikova, A. G. Kuklina, C. Georgescu

Summary: The article presents materials on the content of biologically active substances in the fruits of rare garden crops. Many researchers found that fruits and berries have a comprehensive positive effect on human health, are a valuable source of antioxidants and other biologically active substances, so in scientific breeding programmes of rare horticultural crops need to directed breeding of these crops for increasing the content of biologically active substances and antioxidants.

Key words: *biologically active substances, rare garden cultures, producers*

УДК 631

НАУЧНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ ОСЕВЕРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. А. Сысуев, академик РАН,
Н. Е. Рубцова, кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров,
orghauka@fanc-sv.ru

Резюме: В основе научного обеспечения АПК России – стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства, сформулированная академиком А. А. Жученко. С созданием в 2017 г. Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого исследовательская программа ориентирована на стратегию адаптации агропромышленного производства к меняющимся климатическим условиям, уточнение границ эффективного «осеверения» сельскохозяйственного производства, разработку комплекса адаптивно-упредительных мер для устойчивого функционирования АПК Евро-Северо-Востока.

Ключевые слова: *изменение климата, адаптивное растениеводство, адаптивно-упредительные меры, региональная селекция, научное обеспечение.*

Идущие сегодня и грядущие преобразования российской региональной науки Александр Александрович Жученко предвидел: «…дальнейшее развитие аграрной науки требует значительно большей интеграции научного потенциала в регионах, более тесного взаимодействия исследовательских и учебных центров (фундаментальной и отраслевой направленности), независимо от их ведомственной принадлежности, для решения региональных проблем развития АПК» [1, с. 132]. По его инициативе более двадцати лет назад на Евро-Северо-Востоке России был создан Научно-методический центр Россельхозакадемии, институты которого в 2017 году образовали единую организацию – Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (ФАНЦ Северо-Востока), осуществляющий научное обеспечение АПК Кировской и Нижегородской областей, республик Марий Эл, Мордовии и Чувашии.

Программа исследований объединенной организации направлена на разработку стратегии адаптации агропромышленного производства Евро-Северо-Востока России к меняющимся климатическим условиям, влекущим за собой необходимость осеверения сельского хозяйства.

Тезис «лучше и легче предотвратить» лежит в основе адаптивно-упредительных мер по А. А. Жученко [1, с. 103] Важнейшими составляющими «предадаптации к осеверению» являются региональная селекция и разработка адресных технологий. Селекционная школа в ФАНЦ Северо-Востока – одна из сильнейших в России: учеными Северо-Восточного селекционного центра (г. Киров) создано свыше 100 районированных сортов с.-х. культур. В Кировской области сорта зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав селекции института занимают ежегодно 70-90% посевных площадей. Площади посева под нашими сортами составляют более 4,5 млн. га, потребители – сельхозтоваропроизводители 30 российских регионов.

Развитие адаптивной селекции и агробиотехнологий идет в направлении поиска генисточников, создания уникальных по адаптивности сортов и гибридов сельскохозяйственных культур в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов Евро-Северо-Востока. Это селекция на комплексную устойчивость к биотическим и абиотическим стрессовым факторам среды с учетом общей тенденции изменения климата – потепления с усилением засушливости.

Получены новые знания о физиолого-генетических механизмах эдафической устойчивости растений к токсичности кислых почв, в том числе алюминию и ряду других тяжелых металлов, а также почвенной засухе.

Наряду с селекционным улучшением, ведутся работы по адаптации растений к патогенному комплексу северных территорий с помощью культур микроорганизмов. Изучается потенциал полифункционального действия мицеальных грибов и бактерий с целью создания новых препаратов для повышения адаптивности и экологической безопасности растениеводства.

Для решения проблемы спорыньи злаков сформирована коллекция разных по происхождению и свойствам штаммов аскоспор и конидий патогена. Изучен генофонд ржи по восприимчивости к болезни, осуществляется поиск механизмов устойчивости и созда-

ние источников и доноров иммунитета. Изучена жизнеспособность и патогенность склероциальной стадии гриба в зависимости от ряда факторов: условий и продолжительности хранения, глубины заделки в почву, филогенетической специализации патогена.

В настоящее время, в связи с повышением температуры холодного периода года, адаптация растений требует учета изменившихся условий перезимовки озимых зерновых, многолетних трав и садовых культур.

Важнейшую роль в эффективном использовании природных условий северных территорий играет мобилизация генофонда растений. В этой связи, А. А. Жученко предостерегал от преувеличения роли адаптивного размещения видов и сортов растений. Ряд культур (например, сою) он относил к разряду «экологически локальных», т.е. способных давать высокие урожаи в сравнительно узких диапазонах определенного сочетания температуры и влажности [1].

Такой регионально ориентированной культурой на Евро-Северо-Востоке, наряду с соей, является и хмель. Более 90 % валового сбора хмеля приходится на Чувашскую Республику. Работа с единственной в России биоресурсной генетической коллекцией хмеля (Чувашский НИИСХ – филиал ФАНЦ Северо-Востока), требует взаимодействия с Федеральным исследовательским центром Всероссийским институтом генетических ресурсов растений, другими российскими и зарубежными научными учреждениями.

Расширение государственно-частного партнерства в сфере развития исследований и разработок является важнейшим направлениям научно-инновационной деятельности ФАНЦ Северо-Востока. В частности, за счет привлечения к исследованиям потенциала частной научно-производственной фирмы «Агросемтомс» планируется поддержать создание адаптивных к условиям северных регионов России сортов и гибридов овощных культур.

А.А.Жученко ратовал за комплексный, системный подход к решению научной проблемы природопользования и продовольственного обеспечения населения северных территорий, считая, что «оптимизация региональной системы «здоровье – питание – ресурсы» должна быть направлена на максимальное использование в структуре питания местного населения и кормления животных наиболее приспособленных к местным условиям культур и сортов» [1, с. 135].

Результаты принципиально нового качества в этом направлении планируется достичь с помощью междисциплинарных исследований. В ФАНЦ Северо-Востока и Институте физиологии Коми НЦ УРО РАН ведутся поисковые исследования по физиологической оценке влияния продуктов питания и кормов на основе ржаного сырья на организм человека и животных с целью выработки механизмов адаптации к условиям Севера. В частности, установлено, что при введении в рацион ржаного хлеба дефицит витамина B_1 у людей опытной группы был устранен за 10 дней.

Учитывая, что рожь является традиционной культурой для северных территорий с высокой пищевой ценностью и возможностью многоцелевого использования, учеными ФАНЦ Северо-Востока неоднократно говорилось о необходимости формирования Федеральной научно-технической программы «Рожь России» [2], в том числе в обращениях к правительственным структурам – в Комитет Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию, Минсельхоз России, Минобороны России, Секретарю Совета Безопасности РФ Н. П. Патрушеву.

Комитет Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию своей резолюцией от 13.02.2018 г. рекомендовал Правительству РФ рассмотреть возможность разработки программы «Рожь России», предусматривающей меры по развитию производства зерна ржи, расширению сферы его переработки, увеличению производства и потребления ржаного хлеба в целях сохранения здоровья человека, прежде всего в северных регионах России.

Одним из мероприятий адаптивно-упредительной стратегии является оптимизация зернового и лугопастбищного хозяйства. Учеными региона обозначены основные подходы к улучшению естественных лугов и пастбищ: упорядочение ухода, полосной подсев многолетних и, в первую очередь бобовых трав, оптимизация травостоев. Впервые в России созданы и освоены в серийном производстве комбинированные сеялки СДК-2,8 и СДКП-2,8, превосходящие по технико-экономическим показателям лучшие зарубежные аналоги и совмещающие три-четыре технологические операции, что позволяет в 2,5-3 раза уменьшить расход топливно-смазочных материалов, семян и удобрений, в 1,7-2 раза увеличить продуктивность лугов и пастбищ.

Сельскохозяйственные машины и оборудование, разработанные учеными ФАНЦ Северо-Востока и Проектно-конструкторского бюро НИИСХ Северо-Востока востребованы производством (более 35 их модификаций внедрено в 18 регионах России, Беларуси и Казахстане), новизна технологических решений подтверждена более 220 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения. Новые зерно- и семяочистительные машины по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами обладают меньшей удельной металлоёмкостью (на 15…30%) и энергоемкостью (в 1,2…2,0 раза), повышенной (на 10…30%) производительностью при высоком качестве выполнения технологического процесса.

Выводы

Возвращаясь к личности Александра Александровича Жученко, его наследию, трудно сказать точнее, чем словами Де Бари (1953 г.): «Научное значение человека определяется не только тем, что он оставил после себя, но гораздо больше тем, к чему побуждал современников, а через них последующие поколения». Аграрной науке Евро-Северо-Востока предстоит уточнить границы эффективного «осеверения» сельскохозяйственного производства, разработать комплекс адаптивно-упредительных мер для устойчивого функционирования АПК – продолжить дело Учителя. С целью увековечения памяти А. А. Жученко, выдающегося ученого и организатора отечественной науки, предлагаем в Российской академии наук учредить золотую медаль имени А. А. Жученко за выдающиеся работы в области адаптивного растениеводства.

Литература

1. Жученко А. А. Пути инновационно-адаптивного развития АПК России в XXI столетии. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2011. 144 с.

2. Сысуев В. А., Кедрова Л. И., Рубцова Н. Е., Русаков Р. В., Устюжанин И. А., Уткина Е. И. Концептуальные направления развития научно-инновационного проекта «Рожь России» // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 11. С.28-32.

SCIENTIFIC PRIORITIES OF FARM PRODUCTION TO NORTHERN CONDITIONS

V. A. Sysuev, N. E. Rubtsova

Summary: The scientific support of agro-industrial complex in Russia is based on the strategy of adaptive intensification of agriculture, formulated by academician A. A. Zhuchenko. Since the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky was formed in 2017, the research program has been aimed at the strategy of adaptation of agrarian business to dynamic climate, more precise definition of area for efficient «northering» of farm production and the development of a set of adaptive and preventive measures for stable functioning of agro-industrial complex of the European North-East.

Key words: *climate change, adaptive crop production, adaptive and preventive measures, regional breeding, scientific support*

УДК 633.863.2:631.5:632.51:632.95

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РФ

С. К. Темирбекова[1], доктор биологических наук, профессор
Ю. В. Афанасьева[2], кандидат сельскохозяйственных наук
Г. В. Метлина[3], кандидат сельскохозяйственных наук
С. А. Васильченко[3], кандидат сельскохозяйственных наук
М. С. Норов[4], доктор биологических наук, профессор
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», Большие Вяземы, Московская область,
[2] ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва,
[3]ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград,
[4]Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемура, г. Душанбе, Республика Таджикистан
sul20@yandex.ru; yuliya_afanaseva_90@bk.ru; vniizk30@mail.ru

Резюме. Приводятся результаты многолетних исследований биологических, морфологических и фенологических особенностей интродуцированной новой культуры сафлора в Центральном, Приволжском и Северо-Кавказском регионах. Установлена связь между количеством выпавших осадков за вегетационный период и накоплением масла в семенах. В селекционных программах рекомендуется использовать сорт Краса Ступинская, жирнокислотный состав которого характеризуется повышенным содержанием олеиновой и линолевой кислот. Разработана адаптивная технология выращивания новой культуры сафлора красильного.

Ключевые слова: *сафлор красильный, биологические особенности, масличность, адаптивность, технология выращивания.*

Введение. Академиком А. А. Жученко были сформулированы отличительные особенности стратегии адаптивной интенсификации растениеводства, которые ориентированы на более полное вовлечение в продукционный и средообразующий процессы агроэкосистем неисчерпаемых и/или воспроизводимых ресурсов природной среды на основе всесторонней биологизации и экологизации интенсифи-

кационных процессов, а также дифференцированного использования, природных, техногенных, биологических, трудовых, экономических и других ресурсов [5,6,7]. Именно благодаря смене парадигм природопользования и в первую очередь ориентации на использование неисчерпаемых и воспроизводимых ресурсов, стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства оказывается экономически обоснованной, социально приемлемой и жизнеспособной в долговременной перспективе. Причем центральное место в стратегии адаптивной интенсификации занимает повышение наукоемкости всей системы сельскохозяйственного производства на основе технологизации фундаментальных и прикладных знаний.

В этой связи А. А. Жученко [8] развил учение об адаптации растительных ресурсов. Им отмечено, что адаптивная система селекции растений направлена на повышение величины и качества урожая сельскохозяйственных культур за счет их лучшего приспособления к условиям окружающей среды, в том числе способности противостоять действию абиотических и биотических стрессоров. Он считал, что всемирная мобилизация и адаптация растительных ресурсов лежит в основе «осеверения» земледелия, т.е. продвижения в более северные широты не только биологически возможного, но и экономически оправданного возделывания новых видов сельскохозяйственных растений.

Цель наших исследований заключалась в интродукции масличной культуры сафлора красильного в Центральный регион РФ, изучению его биологических особенностей, созданию адаптивного сорта по желаемым признакам для дальнейшего использования в сельскохозяйственном производстве и пищевой промышленности, а также разработки рекомендации по адаптивной технологии выращивания.

Место проведения, материалы и методы исследования. Исследования выполнены в Центре генофонда и биоресурсов растений ФГБНУ ВСТИСП, п. Михнево, Ступинский р-н, Московская обл. в 2005-2016 гг., в 2012-2015 годы – в ФГБНУ Всероссийском НИИ зерновых культур ФАНО, г. Зерноград, Ростовской обл., в учхозе РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева «Муммовское», Саратовской обл., в Центральном Таджикистане, а также в 2016-2017 годы в ФГБНУ Всероссийском НИИ фитопатологии, п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н, Московская обл.

Объектом исследований был сорт сафлора красильного Краса Ступинская. Авторы сорта: Темирбекова С. К., Куликов И. М., Курило А. А., Норов М. С., Метлина Г. В., Постников Д. А., Ионова Н. Э. Сорт Краса Ступинская внесен в Государственный реестр селекционных достижений с 2013 г., патент № 6930. Рекомендуется для всех регионов Российской Федерации.

Культура сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) относится к семейству астровые (лат. *Asteráceae*). Родиной является Египет, Индия.

Фенологические наблюдения и биометрические оценки проводили в период вегетации в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания с.-х. культур (1983). Учет урожая проводился методом выборочных делянок в 3-х кратной повторности, площадь учетной делянки – 10 м^2. Определение масличности в семенах сафлора красильного проводили в соответствии с ГОСТ 10857 [2] «Семена масличные. Методы определения масличности», жирнокислотного состава масла в соответствии с ГОСТ 30623-98 [3] «Масла растительные и маргариновая продукция. Метод обнаружения фальсификации».

Результаты исследований. Агрономическая характеристика сафлора сорт Краса Ступинская в контрастных почвенно-климатических условиях представлена в публикациях [9,10,11].

Масличность. В настоящее время результаты селекции на повышение масличности семян стали крупным достоянием нашего сельскохозяйственного производства, таким же достоянием становится селекция на изменение качества масла. Было показано, что каждый сорт и даже форма представляют собой популяцию, состоящую из большего или меньшего числа биотипов, отличающихся рядом признаков, в том числе концентрацией жирных кислот масла [4].

Основой для селекции на качество масла технического или пищевого использования является знание генотипической изменчивости состава и содержания жирных кислот в пределах культурных видов и дикорастущих сородичей. Н. И. Вавилов [1] большое значение придавал изучению внутри видовой дифференциации сортов по химическим признакам качества, не раз подчеркивая в своих работах необходимость выявления генетических различий, о которых можно судить при исследовании в одинаковых условиях различных сортов в различных географических пунктах.

Качественные различия масел определяются генетическими особенностями сортов и форм. Особенности качества масел могут быть усилены и улучшены отбором в двух крайних направлениях содержания главных жирных кислот (олеиновой и линолевой).

Большая изменчивость содержания линолевой кислоты в различные годы выращивания, вероятно, связана с растянутым периодом цветения и позднего созревания культуры определенных видов. Колебания температуры вызывают изменения в парциальном давлении кислорода в клетках, что сказывается на процессах окислительного гидрирования.

Географический принцип в изучении видов и сортов помогает выявить не только общие закономерности изменчивости содержания жирных кислот, но и особенности видов и сортов, т.е. генотипическую обусловленность качественных свойств масла.

Установлено значительное влияние экологических факторов на интенсивность накопления ненасыщенных жирных кислот – олеиновой и линолевой. У всех сортов подсолнечника интенсивное накопление линолевой кислоты отмечено в более северной зоне возделывания по сравнению с южной черноземной зоной (71,7-72,0 и 53,7-59,0 %, соответственно). При этом высокое содержание линолевой кислоты сочеталось с низкой концентрацией олеиновой (16,9-17.9 и 29,0-36,0 %, соответственно).

В масла различных видов культурных растений входят жирные кислоты, главным образом с цепочками от С16 до С22, имеющие насыщенные и ненасыщенные двойные связи (одну, две, три). В пределах видов различных культур выявлены отдельные сорта, а в пределах сортов отдельные биотипы, различающиеся повышенным или пониженным содержанием типичным для них жирных кислот. Эти особенности биотипов, вызванные различными причинами (мутацией и т.д.), также передаются по наследству. Индивидуальная изменчивость (по растениям) служит основанием для селекции, направленной на повышение концентрации одних и понижение – других жирных кислот, связанных функционально друг с другом.

Провели сравнительный анализ накопления масличности в семенах сафлора красильного сорт Краса Ступинская по трем годам, выращенных в Московской и Ростовской областях. Содержание массовой доли жира в семенах урожая 2013 г. из Ростовской обл. составило 19,02 %, что на 4,42 % выше, чем в 2012 г., в 2014 г. –

23,7 %, что на 9,2 % выше масличности 2012 года. При сравнении накопления масличности в семенах урожая, выращенного в Московской области в 2012 году, показало высокую масличность – 22,92 %, что на 8,42 % выше, чем в Ростовской области. В то время как в нетипичном по погодным условиям 2013 г. масличность семян сафлора, выращенного в Ростовской области была на 12,66 % выше, чем у сафлора выращенного в Московской области – 6,4 %. В 2014 г масличность семян репродукции Московской области составила 30,2 %, что на 6,5 % выше, чем у сафлора из Ростовской области (23,7 %), табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика масла сафлора красильного по масличности, 2012-2014 г.

Наименование показателя	Образец					
	Краса Ступинская. Ростовская обл. 2012 г	Краса Ступинская. Ростовская обл. 2013 г.	Краса Ступинская. Ростовская обл. 2014 г	Краса Ступинская. Московская обл. 2012 г.	Краса Ступинская. Московская обл. 2013 г.	Краса Ступинская. Московская обл., 2014 г.
Масличность (массовая доля жира),%	14,50	19,02	23,7	22,92	6,4	30,2

Нами отмечено, что накопление масличности зависит не только от количества выпавших осадков, но и от температурного фактора. Умеренное количество осадков и температуре выше 18 °С (фазы цветения и налива) положительно влияют на формирование масличности.

Следует отметить прямую корреляцию зависимости накопления массовой доли жира в семенах культуры сафлор от количества выпавших осадков за вегетацию и температурного режима.

Отмечено влияние агробиологических факторов на масличность семян сафлора красильного в контрастные годы выращивания. Проведен анализ семян на масличность 5 репродукций 2010 - 2015 гг. сафлора красильного сорт Краса Ступинская, выращенного в Московской обл., табл. 2.

Таблица 2

Влияние агробиологических факторов на масличность семян сафлора красильного в контрастные годы выращивания, 2010-2015 гг.

Образец	Маслич лич-ность (масс. доля жира), %	Осадки, мм		Температура, t ^{0}C	
		Средне-много-летнее количе-ство	Среднее за вегета цию	Сред-немно-голет-няя	Среднее за вега-тацию
Краса Ступинская. Московская обл. 2010 г.	31,2	264	154,4	15,1	18,8
Краса Ступинская. Московская обл. 2011 г.	29,0	264	285,5	15,1	17,8
Краса Ступинская. Московская обл. 2012 г.	22,3	264	245,8	15,1	17,8
Краса Ступинская. Московская обл. 2013 г.	6,4	264	335,8	15,1	18,4
Краса Ступинская. Московская обл. 2014 г.	30,2	264	184,1	15,1	16,4
Краса Ступинская Московская обл. 2015 г	30,9	264	348,4	15,1	18,9
Краса Ступинская. Центральный Таджики-стан 2015 г.	34,3	510	306,8	16,8	20,5

В 2010 острозасушливом году, отличающемся повышенной температурой воздуха – 18,8 °С (средняя многолетняя – 15,1 °С) и пониженным количеством осадков – 154,4 мм за вегетацию, накопление массовой доли жира в семенах составило – 31,2 %, а в более влажном 2011 году – 285,5 мм осадков за вегетацию, температурой 17,8 °С, в 2012 г. (оптимально теплом, менее влажном) – 245,8 мм за вегетацию, температурой 17,8 °С составила соответственно 29,0 и 22,3 %. В 2013 году, когда осадков за вегетацию выпало 335,8 мм (при норме 264 мм) и температуре 18,4 °С, массовая доля жира составила всего 6,4 %, в 2014 г. выпадение осадков за вегетацию составило 184,1 мм, среднемесячная температура – 16,4 °С, масличность составила 30,2 % у сорта Краса Ступинская. В 2015 г. Масличность семян сорта Краса Ступинская в Центральном Таджики-

стане составила 34,3 %, а в Центральном регионе РФ – 30,9 % при температуре соответственно 18,9 и 20,5 °С.

Важным для народного хозяйства является создание селекционных сортов с различным соотношением жирных кислот в масле, табл. 3.

Таблица 3

Жирнокислотный состав масла сафлора красильного, 2013-2014 гг.

Наименование жирных кислот	Массовая доля жирных кислот, % к сумме жирных кислот			
	Махалли 260 (Таджикистан) 2013 г.	Сорт Краса Ступинская 2013 г.	Сорт Краса Ступинская 2014 г.	Норма в соответствии с ГОСТ 30623-98
$C_{14:0}$ (миристиновая)	0,1	0,1	0,1	До 1,0
$C_{16:0}$ (пальмитиновая)	7,6	7,7	9,94	2,0-10,0
$C_{16:1}$ (пальмитолеиновая)	0,2	0,1	0,55	До 0,5
$C_{18:0}$ (стеариновая)	2,6	2,0	2,48	1,0-10,0
$C_{18:1}$ (олеиновая)	13,2	13,6	16,89	7,0-42,0
$C_{18:2}$ (линолевая)	75,6	75,7	65,88	55,0-81,0
$C_{18:3}$ (линоленовая)	0,2	0,1	-	До 1,0
$C_{20:0}$ (арахиновая)	0,3	0,4	-	До 0,5
$C_{20:1}$ (гондоиновая)	0,2	0,3	-	До 0,5

По содержанию линолевой кислоты, не синтезирующейся в человеческом организме, этот сорт не уступал южному сорту Махалли 260. По содержанию олеиновой кислоты – 16,89 %, отвечающей за сохранение свежести масла в течение определенного длительного времени, он превышал другие сорта. Более высоким содержанием насыщенных жирных кислот особенно пальмитиновой характеризуется сорт Краса Ступинская. Жирнокислотный состав у

исследуемых сортов находится в пределах ГОСТ 30623-98. Сорт Краса Ступинская имеет выход масла 240 кг/га в Центральном регионе РФ (при густоте стояния 250-300 тыс. шт./га и урожае семян 0,8 т/га).

В Центральном Таджикистане выход масла составил в среднем 940 кг с гектара (при густоте стояния 160 тыс. растений на гектар и урожае семян 1,7 т/га). В повышении урожайности и качества продукции сафлора первостепенное значение принадлежит агротехнике возделывания. Необходимо придерживаться морфобиологических особенностей культуры и сорта, учет комплекса почвенно-климатических факторов региона, конкретного сельскохозяйственного производства, гидротермического режима в период вегетации. Имеет значение техническая вооруженность, финансовое состояние и агрономические кадры хозяйства.

Поэтому, потенциал урожайности и экономический эффект от внедрения новой для региона культуры во многом будет зависеть от применения адаптированных элементов технологии возделывания к местным условиям, с учетом всех перечисленных факторов. Все агротехнические приемы (элементы), рекомендуемые для возделывания культуры надо своевременно выполнять, так как пропуск или неправильное применение одного из элементов отразится на урожае и качестве семян.

Место в севообороте и обработка почвы. Лучшими предшественниками для сафлора являются зерновые культуры. При соблюдении правильной агротехники сафлор, как фитосанитарная культура, оставляет поле после себя чистым от сорной растительности два года. Культура сафлора не требовательна к почвам, хорошо произрастает даже на бедных (по качественному составу) дерново-подзолистых почвах Московской области. Культура особенно требовательна к теплу в фазу цветения и созревания. Всходы выдерживают заморозки до 3-5 °С.

Основная и предпосевная обработка почвы. Почва под сафлор готовится с осени. Вспашка зяби проводится на глубину 22-25 см в Центральном и в Приволжском регионах РФ. В Северо-Кавказском регионе (в условиях Ростовской области) и в Центральном Таджикистане вспашка проводится на глубину 25-27 см. Глубокая вспашка способствует подавлению возбудителей корневых гнилей и другой фитопатогенной инфекции. До вспашки после уборки предшествовавшей культуры провести дискование стерни

(июль) на глубину 8-10 см. Использовали почвенный агрегат John Deere 8430 + Rubin 9 (Lemken). При такой обработке почвы в последующий год культура формирует мощное развитие с образованием большого числа корзинок и повышением урожая семян. Весной, при наступлении спелости почвы проводится ранневесеннее боронование зяби (до 5 см) ВТ-100 + СПГ-15+БЗСС-1,0. Перед посевом культивация поля в два, иногда в три следа (если потребуется необходимость) на глубину 8-10 см и 6-8 см ВТ-100 + СП-11 + КПС-4.

Подготовка семян к посеву. Семена, предназначенные для посева, должны быть выровненными, крупными, иметь чистоту 95-100 %, всхожесть – не ниже 90 %. От качества семян зависит урожай и масличность сорта Краса Ступинская.

Сроки посева и норма высева. Посев должен проводиться ранней весной, как только «поспевает» почва. В Нечерноземной зоне, Ростовской и Саратовской областях – конец апреля - начало мая, он совпадает в регионах с посевом яровых зерновых культур. В Центральном Таджикистане в условиях богары предусмотрены два срока посева, зимний (декабрь) и весенний (март-апрель). От сроков посева зависит урожай сафлора. При запаздывании со сроками посева сокращается продолжительность отдельных фаз развития растений и длина вегетационного периода. Посев проводится рядовым способом – зерновой сеялкой СН-16 с шириной междурядий 45 см, что является экономически выгодным. Глубина заделки семян 5-6 см. Норма высева на семенные цели 12-15 кг/га или 300-350 тыс. шт./га. (в Московской обл. 250-300 тыс. шт/га.), в Ростовской обл. – 120-150 тыс. шт./ га, и в Центральном Таджикистане – 120-160 тыс. шт./га. После посева проводится обязательное прикатывание поля. Семена прорастают при температуре 3-5 °С. Всходы появляются на 7-10 день после посева. Через 60-75 дней наступает фаза цветения, которая длится 1-1,5 месяца. От цветения до созревания 38-45 дней. Густота стояния растений в фазу полных всходов составляет 20-30 шт./м^2. Засоренность посевов от 50 до 200 шт./м^2 сорных растений. Вегетационный период в четырех регионах от 89-115 дней.

Внесение удобрений под сафлор. Перед весенней культивацией при наличии минеральных удобрений можно внести 200 кг/га азофоски или аммиачной селитры на богарных землях, которые ха-

рактеризуются меньшим содержанием питательных веществ в сравнении с дерново-подзолистыми почвами.

Уход за посевами. Следует принять во внимание тот факт, что иногда на дерново-подзолистых почвах после посева образуется твердая почвенная корка, которая не дает прорасти семенам и для этого необходимо через 5-7 дней провести до всходов легкое боронование. При появлении второй пары настоящих листьев легкое боронование проводится повторно для уничтожения первой волны сорняков. Также следует учесть, что всходы сафлора не обладают способностью бороться с сорняками. В таком случае можно провести обработку довсходовым почвенным гербицидом нового класса Дуал Голд, КЭ (960 г/л С-метолахлора) из расчета 1,3-1,6 л/га (только допустимая минимальная доза). В производственных условиях не всегда удается применить почвенный гербицид. В исключительных случаях проводится опрыскивание гербицидом Хармони из расчета 8 г/га (при норме расхода рабочей жидкости на 200-300 л воды) в фазу 8-10 см однодольных и двудольных сорняков. Поэтому за рубежом используют послевсходовые гербициды на основе тифенсульфурон-метила и ряда др. действующих веществ). В РФ зарегистрировано несколько гербицидов на вышеуказанном действующем веществе: Атон, ВДГ (750 г/кг), Хармони, СТС (750 г/кг) и др. Рекомендуемая норма расхода от 6 до 18 г/га при расходе рабочей жидкости 200-300 л/га. Эти препараты подавляют однолетние двудольные, в т.ч. устойчивые к 2,4-Д, и некоторые многолетние двудольные сорняки.

При засоренности однолетними и многолетними злаковыми сорняками рекомендуется послевсходовое опрыскивание граминицидами: Пантера, Фюзилад Супер, Зелек Супер и др.), они хорошо комбинируются в баковых смесях с гербицидами на основе тифенсульфурон-метила. Гербициды Атон и Хармони довольно быстро останавливают рост двудольных сорняков, которые затем погибают до наступления фазы цветения.

Следует придерживаться пространственной изоляции между сортами сафлора и культуры подсолнечника. Семенные посевы должны быть удалены от товарных на расстоянии 0,5-1,0 км. Требуется тщательная очистка семян и их фитопатологическая экспертиза.

Уборка сафлора. Надо отметить, что созревание сафлора наступает дружно и почти одновременно. При этом полностью пре-

кращается фотосинтез, засыхают листья, обертки на большинстве корзинок и семена затвердевают. Семена сафлора не осыпаются. Если стоит сухая погода, надо дождаться полного подсыхания растений на корню, чтобы произошел качественный обмолот семян из корзинок. При такой спелости обычно влажность семян составляет 8-12 %. Уборка проводится в сжатые сроки прямым комбайнированием обычным зерноуборочным комбайном на высоком срезе, но не выше чем за 10 см от места ответвления нижнего продуктивного побега. Обороты барабана снижают до 600-650 об./мин., обороты вентилятора очистки снижаются до 600-620 об./мин. Зазоры при выходе из деки увеличивают до 20-25 мм. После обмолота семена подвергаются очистке на «Петкусе» или других зерноочистительных машинах. Все отходы после уборки (корзинки, стебли) используют для корма скота.

Семена закладываются на хранение с влажностью не выше 10-12 %. Хранение с более высокой влажностью активизирует работу фитопатогенов, имеющихся на поверхности семян, вследствие чего происходит порча и снижение всхожести.

Преимуществом сафлора является его более раннее, почти на месяц, созревание по сравнению с культурой подсолнечника. Это обеспечивает ритмичную поставку сырья на маслозаводы. Созданный сорт сафлора красильного Краса Ступинская быстро адаптируется к контрастным почвенно-климатическим условиям регионов.

Следует отметить, что в Индии, которая занимает первые позиции по сафлору в мире, особое внимание уделяется не сбору семян с гектара, а сбору сафлоровых цветов. Сбор цветов является экономически выгодной, доходной для фермеров, поскольку они традиционно используются в Индии не только для окрашивания тканей, но и в качестве пищевого красителя. Недавно стало известно об использовании цветов сафлора в Китае и Казахстане в качестве фитотерапии для лечения нескольких хронических заболеваний, таких как гипертония, ишемическая болезнь сердца и инсульта. Поэтому и мед, и цветки культуры сафлор представляют особую ценность для здоровья человека.

Литература

1. **Вавилов Н. И.** Селекция как наука. Избранные труды. Ленинград. 1967. Т.1. С. 328-343.

2. ГОСТ 10857-64. «Семена масличные. Методы определения масличности». Введ. 01.07.1964. М.: Изд-во Стандартинформ, 2010. 74 с.

3. ГОСТ 30623-98. Масла растительные и маргариновая продукция. Жирно-кислотный состав конкретных растительных масел и маргаринов (по группам). Приложение В. Введ. 01.01.2000. М.: Стандартинформ, 2010 С. 19.

4. **Ермаков А. И., Попова Э. В.** О селекции подсолнечника на улучшение пищевых и технологических свойств масла. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. С.-П. Т. 48, - 1972. Вып. 3. С. 171-172.

5. **Жученко А. А.** Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбинация, агробиоценоз). Кишинев: Штиинца, 1980.

6. **Жученко А. А., Казанцев Э. Ф., Афанасьев В. Н**. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Кишинев: Штиинца, 1983.

7. **Жученко А. А.** Эколого-генетические основы продовольственной безопасности России. М.: РБОФ ‘Знание’ им. С.И. Вавилова, 2008. 104 с.

8. **Жученко А. А.** Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В двух томах. М.: Агрорус, 2009-2011. Т. I. С. 415.

9. **Темирбекова С. К., Куликов И. М., Ионова Н. Э., Метлина Г. В., Постников Д. А., Норов А. А., Афанасьева Ю. В.** Интродукция и особенности возделывания сафлора красильного на семена в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. №1. С. 41-43.

10. **Темирбекова С. К., Курило А. А., Афанасьева Ю. В., Коновалов С. Н., Постников Д. А.** Использование интродуцента – сафлора красильного в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ // Кормопроизводство. 2015. № 6. С. 24-28.

11. **Temirbekova S. K., Kulikov I. M., Metlina G. V., Afanaseva Y. V., Vasilchenko S. A., Ionova N. E.** Enviromental study of Saf-

flower in three Region of the Russian Federation // Science, Technology and Higher Education: materials of the VI international re-search and practice conference, Westwood, November 12-13, 2014 / publishing office Accent Graphics communications Westwood Canada. 2014. P. 27-30.

ADAPTIVE POTENTIAL AND TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF SAFLOR PAINTER IN VARIOUS REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

S. K. Temirbekova, Yu. V. Afanasyeva, G. V. Metlina, S. A. Vasilchenko, M. S.Norov

Summary. The results of long-term studies of the biological, morphological and phonological features of the introduced new culture of safflower in the Central, Volga and North Caucasus regions are presented. For the first time, the relationship between moisture availability of vegetation periods with accumulation of oil content and a change in the fatty acid composition was established. In the breeding programs for productivity and oil content, it is recommended to use the varieties Krasa Stupinskaya, the fatty acid composition of which is characterized by an increased content of oleic and linoleic acid. An adaptive technology of growing a new safflower culture has been developed.

Key words: *safflower, biological features, oil content, adaptability, cultivation technology.*

УДК 632.91

РОЛЬ АКАДЕМИКА РАН А. А. ЖУЧЕНКО В РАЗВИТИИ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

М. Т. Упадышев, член-корреспондент РАН,
ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва,
virlabor@mail.ru

Резюме: Развитие защиты растений возможно только с учетом эколого-генетических основ управления вредными организмами, в разработку которых значимый вклад внес академик РАН А. А. Жученко. Это позволит успешно решить проблему по предотвращению эпифитотий, повысить адаптивный потенциал растений на основе создания и использования устойчивых сортов и снижения пестицидной нагрузки, снизить ущерб от вредителей и болезней.

Ключевые слова: *А. А. Жученко, защита растений, эколого-генетические основы*

В настоящее время защита растений активно развивается в направлении экологизации мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, внедрения цифровых технологий и биотехнологий. При этом важное значение имеют такие фундаментальные основы защиты растений, как эколого-генетические. Значимый вклад в разработку эколого-генетических основ управления динамикой численности популяций полезных и вредных видов в интегрированной системе защиты растений внес академик РАН А. А. Жученко. Раздел, посвященный данной тематике, имеется в его монографии «Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы)» [1].

А. А. Жученко неоднократно подчеркивал, что «наиболее эффективным средством предотвращения эпифитотий является увеличение генотипической вариабельности культивируемых видов и сортов растений, организация системы информации о появлении новых возбудителей болезней и вредителей в разных регионах мира, позволяющая своевременно начать «предупредительную» селекцию», а также «снижение темпов генотипической изменчивости вредных видов», в том числе и путем «охватывания возможно

большего комплекса факторов управления динамикой численности популяций полезных и вредных видов» [1]. При этом ряд приемов, направленных на интенсификацию производства (высокие дозы азотных удобрений, увеличение числа деревьев на единицу площади, залужение междурядий, орошение), могут способствовать более сильному развитию болезней и вредителей. Например, использование азотных удобрений приводит к более сильному развитию мучнистой росы и увеличению распространенности тли на яблоне [4]. И наоборот, пространственная изоляция растений играет важную роль в защите от вредителей и болезней, в том числе вирусной природы. Нормы пространственной изоляции зависят от культуры и типа насаждения. Например, базисные маточные насаждения малины и земляники располагают не ближе 2 км от плодоносящих промышленных насаждений, смородины – 1,5 км. Маточники для получения сертифицированного материала закладывают на расстояние от плодоносящих промышленных насаждений более 1 км для земляники, 800 м – для смородины и 400 м – для малины [5].

А.А. Жученко отмечал, что «в интегрированной системе защиты растений важно оценивать потенциал генотипической изменчивости как растения-хозяина, так и паразита». А поскольку в селекции плодовых культур практикуется скрещивание «лучшего с лучшим», «наиболее уязвимыми оказываются изогенные или клональные потомства растений» [1].

Важную роль играет производство «здоровых» семян и агроэкологическое районирование территории, поскольку «в неблагоприятных почвенно-климатических условиях взаимосвязь между поражением агроценозов абиотическими и биотическими стрессорами значительно усиливается» [1]. А. А. Жученко приводил пример, когда все большее распространение функциональных болезней у садовых культур (хлороз, розеточность, суховершинность и др.) сопровождается их поражением морозами и засухой.

На распространение вредных организмов оказывает влияние и соблюдение производителем семян и посадочного материала фитосанитарных требований. Неконтролируемое производство и завоз из-за рубежа некачественного посадочного материала садовых культур, низкий уровень фитосанитарии привели к распространению вирусов в насаждениях: распространенность вирусных болезней варьирует от 32 до 80 % в зависимости от культуры [6]. Поэтому идеи А. А. Жученко относительно получения здоровых семян в

настоящее время актуальны с точки зрения необходимости широкого внедрения современной системы производства сертифицированного посадочного материала. Для успешного решения данной задачи необходимо совершенствование нормативной базы и внедрение современных массовых методов диагностики вредных организмов с последующим выделением (получением) здоровых растений, закладкой базисных и сертифицированных маточных насаждений. Выпускаемый посадочный материал плодовых и ягодных культур должен быть свободным от карантинных объектов и других опасных вредителей и болезней в соответствии с ГОСТ 53135-2008. Поэтому в настоящее время в ФГБНУ ВСТИСП проводится большая работа по оздоровлению и выделению свободных от вредоносных вирусов растений. Разработаны и запатентованы эффективные способы диагностики, оздоровления и размножения растений. За 2011-2017 гг. протестировано более 3000 растений, выявлены свободные от вирусов растения садовых культур, которые используются для размножения и закладки маточных насаждений.

Несмотря на разработку эффективных мер защиты и внедрение элементов производства оздоровленного посадочного материала, по-прежнему существует опасность проявления той или иной болезни в форме эпифитотии. В последние десятилетия достигнут существенный прогресс в познании механизма развития грибных эпифитотий и вирусных болезней полевых культур. Патология вирусных болезней плодовых и ягодных культур является менее изученной, что объясняется как особенностями биологии самих культур (многолетнее культивирование, вегетативное размножение и т. д.), так и природой вирусных болезней, которые носят системный и хронический характер, имеют длительный латентный период. Сокопереносимые вирусы могут распространяться при различных агротехнических мероприятиях (обрезке, прививках, обработках почвы и т.д.), с необеззараженным инструментом и сельскохозяйственными орудиями. Семенная инфекция установлена для заражающих косточковые культуры иларвирусов некротической кольцевой пятнистости и карликовости сливы, а также для всех неповирусов, поражающих ягодные культуры. Это приводит к массовому заражению клоновых подвоев косточковых культур и гибридных сеянцев ягодных культур, получаемых в ходе селекционного процесса.

А. А. Жученко считал, что «первостепенное внимание должно быть уделено повышению устойчивости сортов и гибридов к бо-

лезням, вредителям и сорнякам» [2]. В условиях России селекция на устойчивость к переносчикам велась в отношении малинной побеговой тли и смородинного галлового клеща. В качестве примера, отражающего высокую значимость данного направления в защите растений, можно привести высокую распространенность на малине вредоносного вируса кустистой карликовости малины. Устойчивость к ранее широко распространенному штамму данного вируса S обусловлена доминантным геном Bu. Однако в последние годы в Европе и России обнаружен новый агрессивный штамм вируса – RB, способный преодолевать сопротивление гена Bu. Этим штаммом сейчас заражено большинство сортов малины при общей распространенности вируса в условиях России около 45 % [3,6]. В Канаде, США, Великобритании и Новой Зеландии методом традиционной селекции получен ряд толерантных сортов малины (Korere, Korpiko, Tadmor и др.), а методом трансгеноза – устойчивый сорт малины Meeker [7]. Вместе с тем А.А. Жученко предостерегал, что «трансгенные культуры, устойчивые к фитовирусам, могут изменять вирулентность существующих вирусов, приводить к появлению новых вирулентных штаммов» [2], что следует учитывать как при селекционном процессе, так и последующем культивировании полученных таким методом сортов.

Выводы. Дальнейшее развитие защиты растений возможно только с учетом эколого-генетических основ управления вредными организмами, в разработку которых значимый вклад внес академик РАН А.А. Жученко. Это позволит успешно решить проблему по предотвращению эпифитотий, повысить адаптивный потенциал растений на основе создания и использования устойчивых сортов и снижения пестицидной нагрузки, снизить ущерб от вредителей и болезней.

Литература

1. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. II. 708 с.

2. Жученко А. А. Роль генетической инженерии в адаптивной системе селекции растений (мифы и реалии) // Сельскохозяйственная биология. 2003. № 1. С. 3-33.

3. Евдокименко С.Н. Значение оздоровленного от вредоносных вирусов гибридного фонда малины в современной селекции // Садоводство и виноградарство. 2018. № 2. С. 30-32.

4. Комплексная система защитных мероприятий в насаждениях яблони в Нечерноземной зоне РФ (методические рекомендации). М.: ВСТИСП, 2006. 116 с.

5. Производство и сертификация посадочного материала плодовых, ягодных культур и винограда. Контроль качества. Часть 1. Ягодные культуры. М.: ВСТИСП, 2009. 164 с.

6. Упадышев М.Т. Диагностика вирусов плодовых и ягодных культур – важный этап в производстве сертифицированного посадочного материала // Садоводство и виноградарство. 2018. № 2. С. 43-48.

7. Martin R.R., Keller K.E., Mathews H. Development of resistance to Raspberry bushy dwarf virus in 'Meeker' red raspberry // Acta Hort. 2004. № 656. P. 165-169.

THE ROLE OF THE ACADEMICIAN OF THE RAS ZHUCHENKO IN THE DEVELOPMENT OF THE PLANTS PROTECTION

M. T. Upadyshev

Summary: The development of plant protection is possible only taking into account the ecological and genetic basis for the management of harmful organisms, to the development of which a significant contribution was made by the academician of the Russian Academy of Sciences A.A. Zhuchenko. This will successfully solve the problem of preventing epiphytoty, increase the adaptive potential of plants based on the creation and use of resistant varieties and reduce the pesticide load, reduce damage from pests and diseases.

Key words: *A.A. Zhuchenko, plant protection, ecological and genetic basis.*

УДК:633.18:581.14:577.21

СЕЛЕКЦИЯ РИСА НА АДАПТИВНОСТЬ К НЕДОСТАТКУ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ КАК ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВА РИСА В РФ

Е. М. Харитонов, академик РАН,
Ю. К. Гончарова,
ФГБНУ «ВНИИ риса», г. Краснодар,
yuliya_goncharova_20@mail.ru

Резюме: Производство риса в России может быть увеличено на 500 тыс. т, за счет увеличения площадей. Эти земли пустуют, так как только выращивание риса позволяет снизить уровень их засоления при затоплении, что в свою очередь позволяет их использовать для выращивания других культур. Но ввести в сельскохозяйственное производство пустующие земли ближайшее время не представляется возможным из-за нехватки воды и роста тарифов на ее подачу. Вследствие этого первоочередная задача селекции создание сортов риса адаптированных к недостатку поливной воды.

Ключевые слова: *рис, устойчивость, засуха, недостаток поливной воды, генетика*

Производство риса в России может быть увеличено на 500 тыс. т, за счет увеличения площадей занятых производством риса. В настоящее время не используется около 100 тыс. га земель, на которых в девяностые годы созданы рисовые оросительные системы. По оценкам специалистов ввести в сельскохозяйственное производство пустующие земли ближайшее время не представляется возможным из-за нехватки воды.

Проблема недостатка поливной воды и роста тарифов на ее подачу (за последние 8 лет возросли почти в 4 раза) уже привела к значительному сокращению посевов риса в Астраханском регионе, Ростовской области и других. В Краснодарском крае ее так же будет хватать чуть более чем на 100 тыс. га посевов риса.

Прогнозируемое увеличение населения в мире от 6 миллиардов в 2000 году до 9 миллиардов в 2050 требует увеличения сельскохозяйственного производства, что может быть достигнуто только за счет его интенсификации в ограниченных орошаемых областях, или использования малопригодных для сельскохозяйственного производства земель [1]. По своей природе рис гигрофит, но ирригационные системы инженерного типа созданы лишь на 7% площадей. Почти половина посевных площадей занятых рисом, орошается за счет дождей. По прогнозам ученых к середине следующего столетия изменение климата приведет к повышению средних температур приблизительно на 2°С, и соответственному увеличению территорий подверженных засухе. Кроме того, увеличение цен на энергоносители приводит к аналогичному увеличению цены поливной воды, что снижает эффективность производства риса.

Засуха один из основных биотических стрессов при культивировании практически любых видов растений во всех уголках земного шара [3]. В формирование ее устойчивости вовлечено огромное числа биохимических и физиологических процессов на клеточном и организменном уровнях в различные фазы развития [4].

Устойчивость к засухе может быть обусловлена большей влагопоглотительной способностью, вследствие короткого жизненного цикла, пластичностью развития, уменьшением потерь воды, лучшей регуляцией осмотических и окислительных процессов, большей толерантностью тканей к стрессу. Устойчивость растений к засухе включает в себя огромное количество признаков, за счет которых она формируется, поскольку сама засуха может быть разной и интенсивность ее воздействия определяется многими факторами: прежде всего, это температура, почвенные и агрономические условия, ее продолжительность. Значительно усугубляют ее воздействие высокие температуры и уровень солнечной радиации, бедные почвы и низкий агрофон [5]. Не менее важно воздействие засухи в период кущения и в период цветения или налива зерна, стресс будет действовать совершенно различным образом, даже без учета влияния генотипа. Высокая вариа-

бельность условий сопровождающих засуху в природе усугубляет трудность понимания ее комплексности и еще более затрудняет идентификацию специфических физиологических признаков необходимых для повышения устойчивости генплазмы. Для создания генплазмы высоко адаптированной к стрессу требуется объединение в одном генотипе многих признаков, определяющих морфотип, физиологические и фенологические характеристики, которые будут различными для регионов, отличающихся по климатическим условиям.

При одновременной оценке большого количества образцов на делянке возникает конкуренция за влагу между различными генотипами. Выделение устойчивых генотипов в таких условиях может привести к отбору более конкурентоспособных генотипов, которые в моно сортовом посеве не смогут реализовать свой потенциал из-за отсутствия неконкурентоспособных генотипов. В формирование устойчивости к засухе вовлечены многие физиологические процессы влияющие также на устойчивость к таким стрессовым условиям как воздействие высоких температур и засоления: скорость роста клеток, характеристики устьиц и устьичная проводимость, эффективность фотосинтеза и скорость аттрагирования пластических веществ из вегетативных в генеративные органы, а также их микрораспределение между элементами соцветия и зерном [6].

В связи с этим для изучения наследования признака, определяемого таким большим количеством генов необходимо создание многочисленной популяции для молекулярного маркирования. Стабильность урожая должна стать основным критерием оценки устойчивости образца. Однако для более детального изучения необходимо разбить признак на составляющие (эффективность минерального питания и колосковая стерильность при стрессе, строение корневой системы, ее поглотительная способность) изучить их наследуемость, генетическую вариабельность, корреляционные связи с продуктивностью [7].

Изначально рис произрастал на низменных затопляемых территориях и соответственно этому у него сформировалась мочковатая корневая система к тому же располагающаяся в поверх-

ностных слоях почвы. Некоторые дикие родственники риса в частности *Oryza longistaminata* – многолетний вид формируют корневище, однако перенос признака в культивируемые сорта связан с определенными трудностями (не скрещиваемость или стерильность гибридов, которую однако можно преодолеть высаживая на среду незрелые зародыши гибридов [2].

В природных условиях изучать образцы по признаку невозможно, так как каждый год характеризуется совершенно различными условиями, искусственно создаваемые «засушники» позволяют максимизировать генетические различия образцов и обеспечивают повторяемость и однообразие условий в опыте. Оценка должна быть основана на стабильности элементов урожая: числа зерен, размеров зерна, сохранения биомассы, индекса урожая. Методика отбора должна быть построена таким образом, чтобы контролировать все возможности генотипов избежать воздействия стрессов, обеспечивать единый уровень водоснабжения участка, внесения удобрений, условия выращивания до воздействия стресса, а главное фазу его воздействия. Предложено ввести для оценки селекционного материала индекс чувствительности к засухе (DSI) который рассчитывается как отношение продуктивности образца в контроле (при орошении) к его продуктивности при воздействии стресса. Чем ниже индекс чувствительности к засухе, тем более устойчива линия.

Нами получен материал при гибридизации доноров признака и российских сортов. Изучение полученных гибридов в условиях засухи (в течении периода вегетации полив проводили 2 раза) показало наличие в расщепляющихся популяциях значительного числа растений сохраняющих продуктивность близкую к контрольному варианту, что говорит о возможности создания на их основе сортов для выращивания без создания слоя воды, что позволит значительно сократить ресурсо- и энерго- потери при выращивании риса за счет сокращения объемов поливной воды, повышения урожайности «высоких» чеков, на которых трудно поддерживать слой воды из-за фильтрации, снижения расходов на строительство оросительных систем. Решается также ряд экологических проблем связанных с загрязнением окружающей среды

(гербицидами, фунгицидами и т.д.) при сбросе поливной воды с чеков.

Литература

1. **Жученко А. А.** Адаптивное растениеводство: эколого-генетические основы. Академия наук МССР, Институт экологической генетики. Кишинев: Штиинца, 1990. 432 с.
2. **Гончарова Ю. К., Гончаров С. В.** Изучение и использование дикорастущего африканского *Oryza longistaminata* в качестве донора признаков аллогамии в селекции культурного риса на гетерозис // В книге: Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. ВНИИР им. Н. И. Вавилова. 2001. С. 253-255.
3. I**slam A. S. M. F., Ali M. R., Gregorio G. B., Islam, M. R.** Genetic diversity analysis of stress tolerant rice (*Oryza sativa* L.) // African J. Biotech. 2012. 11. P. 15123 - 15129.
4. **Nguyen** Locating genomic regions associated with components of drought resistance in rice: comparative mapping within and across species // Theor. Appl. Genet. 2001. 103: P. 19-29.
5. **Rauf S., Al-khayri J. M., Zaharieva M., Monneveux P., Khalil F.** Breeding strategies to Enhance Drought Tolerance in crops. In: Khayri J. M. et al., (Eds.) Adv. Plant Breeding Strategies. Springer International Publications., Switzerland. 2016. P. 365-370
6. **Sharma P., Dubey R.S.** Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings // Plant Growth Regulation. 2005. 46. P. 209 - 221.
7. **Yadav R., Courtois B., Huang N., McLaren G.** Mapping genes controlling root morphology and root distribution on a double-haploid population of rice. Theor. Appl. Genet. 1997. 94. P. 619-632.

BREEDING OF RICE FOR ADAPTABILITY TO THE SHORTAGE OF IRRIGATION WATER AS THE MOST IMPORTANT DIRECTION OF WORK TO INCREASE RICE PRODUCTION IN RUSSIA

E. M. Kharitonov, J. K. Goncharova

Summary: Rice production in Russia can be increased by 500 thousand tons, due to the increase in area. These lands are empty, as only rice cultivation can reduce their salinization during flooding, which in turn allows them to be used for growing other crops. But it is not possible to introduce empty land into agricultural production in the near future because of the lack of water and the growth of tariffs for its supply. As a result, the primary task of breeding is the creation of rice varieties adapted to the lack of irrigation water.

Key words: *rice, resistance, drought, lack of irrigation water, genetics.*

УДК 633:634:575.1:575.2

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ В ПОСТГЕНОМНУЮ ЭРУ

Е. К. Хлесткина, доктор биологических наук, профессор РАН
ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», г. Санкт-Петербург,
director@vir.nw.ru

Резюме: Начало 21-го века ознаменовалось возможностью в относительно краткие сроки осуществлять секвенирование полных геномов, что открыло путь постгеномным исследованиям, облегчающим идентификацию селекционно значимых генов. В статье рассматривается применение новых подходов для раскрытия потенциала генетических ресурсов растений. Несомненно, использование постгеномных технологий способствует расширению спектра исследований и более активному вовлечению сохраняемого генофонда культурных растений и их диких родичей в современные селекционные программы.

Ключевые слова: *GWAS, QTL-анализ, RNA-seq, картирование генов, полногеномный анализ ассоциаций, транскриптомика, секвенирование генома.*

Внедрение прорывных технологий в биологию растений создает новые векторы в развитии исследований, направленных на оценку, раскрытие потенциала и практическое применение генетических ресурсов растений. В конце 20-го века существенным методическим прорывом, значимым для развития работ в этом направлении, стала разработка и использование ДНК-маркеров растений. Это дало возможность картировать и маркировать сотни селекционно значимых генов и локусов количественных признаков (QTL). Динамика развития работ в этом направлении отражена на рисунке 1.

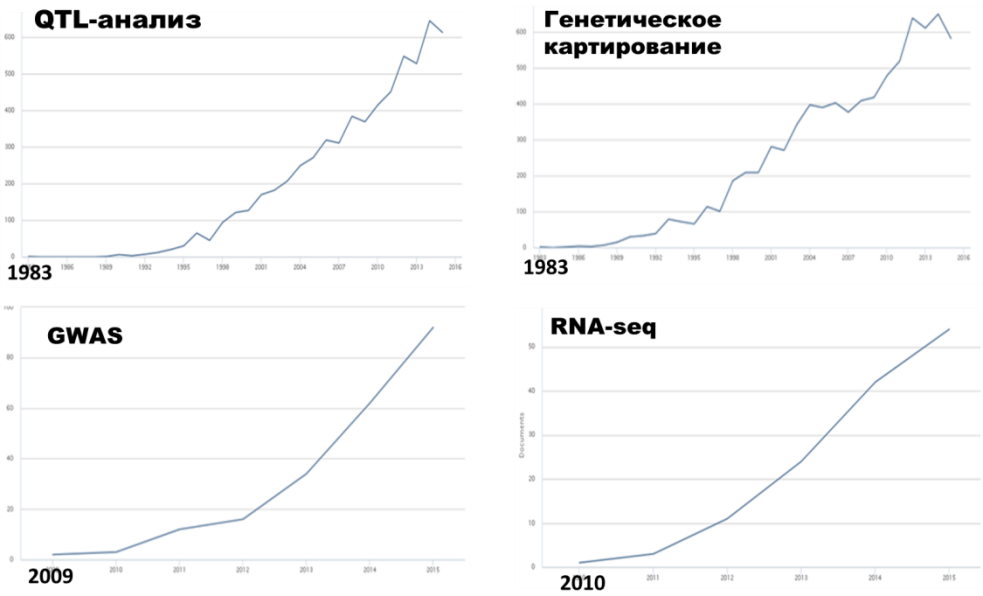

Рис. 1. Возрастание числа публикаций, связанных с применением молекулярно-генетических и геномных методов анализа генетических ресурсов растений. Составлено на основе результатов поиска публикаций в базе данных Scopus (http://scopus.com) по пересечению слов «plant + QTL-analysis», «plant + genetic mapping», «plant + GWAS», «plant + RNA-seq» в названиях, аннотациях или перечне ключевых слов

Работы по генетическому картированию и QTL-анализу появились в 1983 году, а с начала 1990-х гг. (с внедрением удобных и недорогих ПЦР-маркеров) наблюдается существенная динамика в развитии исследований в этом направлении (рис. 1).

Начало 21-го века ознаменовалось возможностью в относительно краткие сроки осуществлять секвенирование и сборку полных геномов растений. В 2005 г. был отсеквенирован первый геном среди возделываемых растений – геном риса, затем последовали геномы винограда (2007), кукурузы, огурца и сорго (2009), сои, яблони и какао (2010), картофеля, капусты, репы и земляники (2011), томата, ячменя, банана, дыни и сливы (2012), нута, свеклы, арбуза, груши, персика и апельсина (2013), начиная с 2014 г. отсевенированы геномы моркови, хлопчатника, перца, а совсем недавно завершена сборка полного генома пшеницы (science.sciencemag.org/content/361/6403/eaar7191). Сведения о первичной структуре генома открыли новые возможности в исследовании механизмов наследственности и изменчивости культурных видов растений и новые направления работ, которые принято

обобщать под названием «постгеномные исследования». Одно из направлений, возникших, благодаря секвенированию полных геномов – это полногеномный анализ ассоциаций (genome-wide association studies - GWAS). GWAS – метод статистического анализа, позволяющий выявлять взаимосвязь геномных маркерных локусов с признаками путем сопоставления данных генотипирования и фенотипирования образцов одного и того же вида, то есть анализа коллекций, а не двуродительских популяций, как в случае QTL-анализа. Таким образом, с помощью GWAS при одинаковом объеме работ в отличие от QTL-анализа удается охватить большее внутривидовое разнообразие, выявить больше локусов, и в конечно счете, за один и тот же отрезок времени исследовать генетический потенциал гораздо большего числа образцов из коллекций генетических ресурсов растений. Метод GWAS пришел в биологию растений из работ в области генетики человека. Результаты первых работ по использованию GWAS-анализа на растениях появились в 2009 г. (рис. 1). Предпосылками для появления этих работ, а также работ по геномной селекции послужило развитие методов высокопроизводительного генотипирования (разработка SNP-чипов на основе результатов полногеномного севквенирования).

Другое направление постгеномных исследований – определение генных и метаболических сетей, вовлеченных в формирование хозяйственно ценных признаков путем сравнительного транскриптомного анализа. Суть подхода – сравнительный анализ экспрессии генов, выявление генов, которые экспрессируются по-разному в зависимости от генотипа или условий окружающей среды. Ранее для выявления дифференциально экспрессирующихся генов (ДЭГ) использовался дифференциальный дисплей, основанный на ПЦР-анализе и анализ экспрессии на микроматрицах. Появление полногеномных данных для основных возделываемых растений, совершенствование и удешевление технологий высокопроизводительного секвенирования, а также развитие методов биоинформатического анализа позволяют теперь получать более точные и информативные результаты в этом направлении путем секвенирования транскриптомов – RNA-seq [Быкова и др., 2017]. Работы в этом направлении ведутся на растениях с 2010 г. (рис. 1).

Результатом секвенирования полных геномов растений и определения нуклеотидных последовательностей селекционно значимых генов, а также установления отличий этих генов у форм с контрастными признаками, стало появление возможности их направленного мутагенеза. Сегодня существует целый спектр подходов для внесения заданных мутаций в гены растений, основанный на применении различных систем геномного редактирования. Самая современная система CRISPR/Cas была впервые применена на растениях в 2013 году и сегодня сообщается о десятках «отредактированных» генов-мишеней у различных культур [Короткова и др, 2017]. Сохраняемый генофонд культурных растений содержит немало продуктов селекционной работы, которые, несмотря на превосходные свойства, так и не стали сортами из-за какого-либо единственного недостатка. Сегодня эти недостатки культурных форм, так же, как и недостатки дикорастущих родичей, вовлечение которых в селекционный процесс необходимо, но по той или иной причине затруднено, несложно исправить при помощи направленного мутагенеза.

Выводы. Применение постгеномных технологий позволило расширить спектр исследований генетических ресурсов растений, направленных на их оценку и раскрытие потенциала, и способствует более активному вовлечению сохраняемого генофонда культурных растений и их диких родичей в современные селекционные программы.

Литература

1. **Быкова И. В., Шмаков Н. А., Афонников Д. А., Кочетов А. В., Хлесткина Е. К.** Достижения и перспективы использования методов высокопроизводительного секвенирования в генетике и селекции картофеля // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. С. 96-103.

2. **Короткова А. М., Герасимова С. В., Шумный В. К., Хлесткина Е. К.** Гены сельскохозяйственных растений, модифицированные с помощью системы CRISPR/Cas // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. С. 250-258.

PLANT GENETIC RESOURCES IN POST-GENOMIC ERA

E. K. Khlestkina

Summary: The beginning of the 21st century was marked by the ability to perform sequencing of complete genomes in a relatively short time, opening the way for post-genomic studies that facilitate the identification of economically important genes. The article discusses the use of new approaches to investigate the potential of plant genetic resources. Undoubtedly, the use of post-genomic technologies contributes to the expansion of the spectrum of research and more active involvement of the collections of cultivated plants and their wild relatives in modern breeding programs.

Key words: *gene mapping, genome sequencing, genome-wide association studies, GWAS, transcriptomics, QTL-analysis, RNA-seq*

УДК 58:378(470.325)

РОЛЬ БОТАНИЧЕСКОГО САДА БЕЛГОРОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА КАК ЦЕНТРА МОБИЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

В. И. Чернявских, доктор сельскохозяйственных наук,
Е. В. Думачева, доктор биологических наук,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород,
cherniavskih@mail.ru, chernyavskih@bsu.edu.ru,
dumacheva@bsu.edu.ru

Резюме: Ботанический сад НИУ «БелГУ» одно из немногих научных учреждений, обладающих значительной земельной площадью, географическим положением, комплексом ландшафтно-экологических условий, позволяющие создавать обширные ботанические коллекции и проводить экологические, интродукционные, селекционные исследования. Он внесен в базу данных уникальных объектов инфраструктуры Российской Федерации. Коллекция Ботанического сада включает свыше 2500 видов и форм растений. Закладываются генетические коллекции сельскохозяйственных культур (сои, люцерны, овсяницы, клевера, нута, фацелии, иссопа лекарственного). Основная цель – это создание исходного материала для адаптивной и преадаптивной селекции, что имеет важнейшее значение в условиях климатических изменений, происходящих в мире.

Ключевые слова: мобилизация генетических ресурсов, адаптивная селекция, коллекции растений, фитомониторинг, интродукция.

Ботанический сад в г. Белгород создавался в трудное время, когда Россия стояла на большом перепутье. Именно тогда в целях улучшения научной инфраструктуры только, что созданного Белгородского государственного университета, вышло постановление Главы администрации Белгородской области Е.С. Савченко от 7 октября 1999 года №563 «Об организации Ботанического сада Белгородского государственного университета».

Было принято предложение местного самоуправления города Белгорода в лице Г. Г. Голикова о передаче в бессрочное пользование Ботаническому саду Белгородского государственного университета земельного участка площадью 78,6 гектара, в том числе 37,2 гектара пашни, из земель г. Белгорода. Утверждено «Положение о Ботаническом саде Белгородского государственного университета». Определено, что Ботанический сад является научным подразделением Белгородского государственного университета, который создается с целью расширения сети особо охраняемых природных территорий области и сохранения биологического разнообразия растительного мира, призванным решать следующие задачи: сохранение природной среды и природных ландшафтов; проведение научной и учебной работы по биологическому разнообразию; осуществление акклиматизации и интродукции растений; разработка и внедрение эффективных методов охраны природы и поддержание экологического баланса; расширение и внедрение рационального ассортимента древесной, кустарниковой, травянистой растительности для зеленого строительства в областях Центрального Черноземья; сортоиспытательная и селекционная работа; просветительская экологическая работа.

Из фонда содействия развитию Белгородского государственного университета, из экологического фонда и внебюджетного фонда укрепления правопорядка области были выделены деньги на закладку первой очереди коллекций и строительство первых объектов инфраструктуры.

Так началась история этого уникального природно-ландшафтного, социально-культурного и научного объекта не только Белгородской области и Центрально-Черноземного региона, но и России в целом. Несмотря на достаточно молодой возраст, Ботанический сад НИУ «БелГУ» в настоящее время внесен в базу данных уникальных объектов инфраструктуры Российской Федерации [1].

Уникальность Ботанического сада Белгородского государственного университета (НИУ «БелГУ») состоит в том, что это одно из немногих научных учреждений, которое обладает значительной земельной площадью, географическим положением, комплексом ландшафтно-экологических условий, позволяющие создавать обширные ботанические коллекции и проводить экологические, интродукционные, селекционные исследования.

Особенностью Белгородской области является климатический фактор. Через нее узкой полосой проходит область высокого давления, известная как Большая климатическая ось Евразии (или ось Воейкова) исходящая от Сибирской зоны высокого давления (Сибирский антициклон) и проходящая по условной линии, соединяющей города Кызыл (Тува) – Уральск (Северный Казахстан) – Саратов (Поволжье) – Харьков (Украина) – Кишинев (Молдавия) – Секешфехервар (Венгрия).

Ось Воейкова, является своеобразным «ветроразделом», определяющим формирование «розы ветров» и климат большей части территории континента. К северу от нее преобладают несущие осадки теплые ветры с запада и здесь расположены зоны лесостепи и леса. К югу, где превалируют, особенно в зимний период, сухие холодные северо-восточные и восточные ветры, находятся степи, полупустыни и пустыни. В Белгородской области в западной части расположены лесостепные ландшафты, а в восточной и юго-восточной – степные [2,3].

Ботанический сад расположен практически на оси Воейкова, в нем представлены большая часть экосистем и ландшафтов региона: участки луговых и южных степей, смешанный, хвойный и широколиственный лес, овражно-балочные комплексы, участки водной и болотной растительности. Особое место занимают участки меловых обнажений. Агроландшафт представлен культурами деревьев и кустарников, коллекциями травянистых растений, садом косточковых, семечковых и кустарниковых плодовых культур, полевыми и селекционными опытами. На территории Ботанического сада имеются все экспозиции склонов. Почвенный покров включает в себя 14 почвенных разностей.

Ботанический сад НИУ «БелГУ» располагает уникальным фитогенофондом, который включает свыше 2500 видов и сортов растений, в том числе эндемичные, реликтовые, редкие и исчезающие виды Красной и Зеленой книг России, а так же генетические коллекции ряда сельскохозяйственных культур (в первую очередь многолетних трав). Имеются коллекции парка дендрария в экспозициях: Центральная Азия, Кавказ, Европа, Америка, Сибирь и Восточная Азия; коллекции плодовых культур; коллекции цветочных культур; коллекции редких и исчезающих видов растений Красной книги России и Красной книги Белгородской области; коллекции декоративных злаковых культур. Здесь ведется постоянная работа

по поддержанию и пополнению коллекций, их инвентаризации, учету, оформлению, представлению посетителям сада.

На участках естественной растительности ведутся реинтродукционные эксперименты с восстановлением в естественных условиях популяций редких и краснокнижных видов растений. Восстановлены полночленные популяции редчайших растений меловых обнажений: проломника Козо-Полянского, иссопа мелового, левкоя душистого, норичника мелового. На участках степной растительности проведены успешные эксперименты по размножению и созданию устойчивых популяций ириса низкого, пиона тонколистного (Красная книга России). Отработана технология восстановления популяций волчеягодника Софии, редчайшего растения России, встречающегося только в Белгородской области.

Селекционерами ботсада созданы десятки сортов смородины, жимолости съедобной, магонии падуболистной, лилий, бобовых кормовых трав, газонных трав, медоносных культур и др.

В настоящее время Ботанический сад НИУ «БелГУ» является единственным активно действующим центром интродукции растений в ЦЧЗ.

Ботанический сад располагает уникальным Зимним садом, оранжереи которого расположены на уровне шестого этажа здания. Это, пожалуй, самая высокая научная оранжерея в стране.

Начиная с 2016 года, исследования Ботанического сада перешли на совершенно новый уровень. Инфраструктура сада претерпела значительные изменения. Создан природно-ландшафтный комплекс «Ботанический сад». Построен новый тепличный комплекс, закуплено новое оборудование для размножения методом культуры тканей и органов растений, ПЦР диагностики, функционирует автоматическая метеостанция. Активно ведутся как научные исследования, так и активная работа по внедрению результатов в производство.

Для улучшения в природно-ландшафтный комплекс «Ботанический сад» созданы два основных тесно связанных подразделения:

1. Управление ландшафтных работ и обслуживания территории;

2. НОЦ «Ботанический сад» [4].

Коллектив научных сотрудников объединен в мощный исследовательский центр Ботанического сада НОЦ «Ботанический сад» решающий фундаментальные задачи ботанических исследований:

- поиск и изучение перспективных для выращивания в условиях региона растений-интродуцентов;

- сохранение, размножение и исследование новых хозяйственно-ценных растений природной флоры и интродуцированных культурных растений в условиях *ex situ* и *in vitro*;

- определение эколого-биологических особенностей новых малораспространенных видов и сортов растений;

- исследование природной флоры, формирующейся в пределах административных границ Белгородской области;

- изучение особенностей распространения и инвазий чужеродных видов растений;

- разработка инновационных способов применения растений в различных областях науки, промышленности, сельского хозяйства, снижении антропогенной нагрузки на природные экосистемы, эффективной оценке и восстановлению антропогенно нарушенных территорий;

- создание и совершенствование ботанических экспозиций;

- создание информационных банков данных по коллекциям и гербарным образцам растений;

- разработка научных основ декоративного садоводства и ландшафтной архитектуры;

- организация учебных и производственных практик, образовательных и профориентационных мероприятий, экспериментальных участков для выполнения исследований по диссертационным работам аспирантов и магистрантов [4].

Вторым, важнейшим подразделением Ботанического сада, тесно связанного с прикладными исследованиями, практической реализацией и внедрением в производство и коммерциализации научных разработок является управление ландшафтных работ. Основные задачи этого подразделения

- создание, поддержание и инвентаризация живых коллекций;

- проведение и разработка методов сохранения, воспроизводства и охраны генофонда растений природной и культурной флоры, интродукции и акклиматизации растений, а также экологического, эстетического, культурного воспитания и отдыха населения, пропаганды деятельности по охране окружающей среды;

- проведение работы в области охраны природы, экологии, растениеводства, декоративного садоводства и ландшафтной архитектуры;

- выращивание и реализация посадочного материала растений;

- разработка проектов создания и реконструкция объектов ландшафтной архитектуры;

- осуществление ухода за зелёными насаждениями, ландшафтными экспозициями и малыми архитектурными формами на всех площадках университета;

- организация экскурсий с участием волонтерских отрядов студентов НИУ «БелГУ» [4].

В настоящее время на базе Природно-ландшафтного комплекса «Ботанический сад» ведется несколько крупных проектов, наиболее важные из которых связаны с общероссийским движением «Сирень победы»:

1. Проект Белгородской областной администрации «Создание сирингария на базе Ботанического сада «НИУ БелГУ» (Белгородская сирень)».

2. Проект Белгородской областной администрации «Создание центра селекции и производства сирени (Белгородская сирень)».

3. Проект НИУ «БелГУ» «Создание коллекции *in vitro* новых и малораспространенных видов и сортов ягодных и декоративных садовых культур в лаборатории биотехнологии растений НОЦ «Ботанический сад НИУ «БелГУ» [4].

После реализации этого проекта коллекционный фонд сортов сирени Ботанического сада должен быть более 600 и эта генетическая коллекция должна стать одной из крупнейших в мире.

Более тесным стало сотрудничество Ботанического сада с кафедрами и институтами университета в научной сфере, а так же с предприятиями Белгородской области в части внедрения полученных учеными результатов. Совместно с лабораторией биологических ресурсов и селекции растений кафедры биологии института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ» проводятся совместные исследования. Важнейшее значение в ближайшей и далекой перспективе, особенно в связи с климатическими изменениями, происходящими в мире, будут иметь изучение и использование биоресурсного потенциала растений Европейской России, особенно ее мелового юга [5].

Ведется закладка генетических коллекций сельскохозяйственных растений, имеющих большое значение для региона в настоящее время и в ближайшей перспективе: сои, люцерны, видов овся-

ницы, видов клевера, нута, медоносных культур (фацелии, иссопа лекарственного) и др.

Основная цель – это создание исходного материала для адаптивной и преадаптивной селекции, что имеет важнейшее значение в условиях климатических изменений, происходящих в мире. Семенной фонд лаборатории – более 4 тысяч образцов 9 видов культур.

Сотрудники лаборатории – авторы 15 сортов многолетних трав, медоносных культур и лекарственных растений, запатентованных и включенных в Государственных реестр селекционных достижений РФ. В настоящее время исследования ведутся с люцерной изменчивой, клевером красным, клевером белым, овсяницей красной, овсяницей тростниковой, фацелией пижмолистной, ежой сборной, донником белым, иссопом лекарственным, крапивой двудомной, нутом и соей.

Для получения более достоверных результатов планируется использование физиологических методов фитомониторинга, позволяющего при помощи датчиков вести непрерывные исследования ведущих факторов продукционного процесса растений в различных экологических условиях, в условиях стресса и оптимума, в селекции растений, мобилизации нового исходного материала для селекции.

Таким образом, Ботанический сад НИУ «БелГУ» в полной мере становится ведущим звеном в системе исследований генетических ресурсов растений, о важности мобилизации которых постоянно говорил и писал академик А.А. Жученко [6]!

Литература

1. Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации. Электронный ресурс. http://ckp-rf.ru/usu/200997.

2. Воейков А. И. Воздействие человека на природу. Избранные статьи. М.: Географгиз, 1949. 476 с.

3. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.

4. Природно-ландшафтный комплекс «Ботанический сад «БелГУ». Электронный ресурс. https://botanicgarden.bsu.edu.ru/

5. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Биоресурсный потенциал бобовых трав на меловых обнажениях и карбонатных почвах Европейской России: монография. Белгород: ИД «Белгород», 2014. 144 с.

6. Жученко А. А. Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. М., 2012. 583 с.

THE ROLE OF THE BOTANICAL GARDEN OF THE BELGOROD STATE UNIVERSITY AS A CENTER OF MOBILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES IN SOUTH EUROPEAN RUSSIA

V. I. Cherniavskih, E. V. Dumacheva

Summary: The Botanical Garden of the National Research University «BelSU» is one of the few scientific institutions that have a large land area, geographical location, and a complex of landscape-ecological conditions, which allow creating extensive botanical collections and conducting ecological, introduction, selection studies. It is included in the database of unique infrastructure facilities of the Russian Federation. The collection of the Botanical Garden includes over 2500 species and forms of plants. The genetic collections of agricultural crops (soybean, alfalfa, fescue, clover, chickpea, phacelia, medicinal hyssop) are laid. The main goal is to create source material for adaptive and pre-adaptive breeding, which is of paramount importance in the context of climate change taking place in the world.

Key words: *mobilization of genetic resources, adaptive selection, plant collections, phytonomonitoring, introduction.*

УДК 631.95.58

ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ И ПОЛОЖЕНИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕНЕТИКЕ АКАДЕМИКА А.А. ЖУЧЕНКО

А. А. Жученко-мл., академик РАН
Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, г. Москва,
ecovilar@mail.ru

Резюме: Проблема адаптации живых систем, начиная с XIX столетия, стала центральной в биологических исследованиях. Всегда подчеркивалась «всепроникаемость» и «всемогущество» адаптации в эволюции биосферы в целом и для каждого из составляющих ее биотических компонентов. Признавая изначальную роль мутаций, академик А.А. Жученко впервые в мире основал экологическую генетику, где в эволюции и селекции главным фактором адаптивно значимой генотипической изменчивости у цветковых растений выделил мейотическую рекомбинацию.

Ключевые слова: *адаптация, экология, генетика, рекомбинация, селекция, генетические ресурсы*

Экологическая генетика культурных растений не только имеет право на существование в качестве самостоятельной научной дисциплины, но и занимает центральное место в превращении громадных массивов информации о структуре и функциях генов в «пищевые калории», недостаточное количество которых в условиях демографического «взрыва» и экологического кризиса ставит под сомнение возможность существования современной цивилизации в долговременной перспективе.
А.А. Жученко

Адаптация. Любая научная теория не может претендовать на высокий уровень развития, если ее ведущие концепции не представлены в строгих терминах, понятиях и, наконец, в качественных и количественных оценках. Необходимым условием достижения такого

уровня понимания адаптации и адаптивности является их структуризация, выявление генетической природы, функций и взаимосвязей главных компонентов адаптивного потенциала. Представление об адаптивном потенциале высших организмов как функции взаимосвязи их генетических программ онтогенетической и филогенетической адаптации представляется конструктивным как в определении самого адаптивного потенциала, та и критериев адаптивности. При изучении особенностей онтогенетической адаптации культурных растений к факторам абиотической и биотической среды, а также образования блоков коадаптированных генов, углубление соответствующих представлений в рамках экологической генетики, было увязано с ролью мейотической рекомбинации, благодаря которой и возникает указанный интегрированный комплекс генов, обусловливающий существенное повышение адаптации их носителя. А поскольку в процессе естественного отбора главными факторами выступают абиотические и биотические условия внешней среды, более адаптивные генотипы получают наибольшее, в т.ч. конкурентное, преимущество, соответствующие интегрированные системы генов (блоки коадаптированных генов) наследственно закреплялись в процессе эволюции. По мере усложнения и совершенствования таких систем относительно свободная межсегментная рекомбинация (кроссинговер) все более и более уменьшалась, обеспечивая со временем не только функциональную, но и физическую интегрированность, а также сбалансированность составляющих ее блоков коадаптированных генов, образуя таким же образом кластеры генов и супергены. Преимущество супергенов (термин введен Дарлингтоном и Мазером, 1949), т.е. блоков тесно сцепленных локусов, аллели которых функционально сходны либо влияют на разные функции, состоит в том, что даже при скрещиваниях они позволяют соответствующим генотипам оставаться приспособленными к определенным условиям внешней среды, предотвращая полностью или существенно сокращая возможность кроссоверного разрушения указанных блоков генов и появления неадаптивных рекомбинантов.Следовательно, понятия «коадаптация» и «суперген» взаимосвязаны. Установлено, например, что в супергенах, обусловливающих перекрестное опыление у цветковых растений с дистилией, функционально взаимодействующие гены контролируют длину пестика, образование зачатка пыльников и совместимость при скрещивании

(Штерн, Тигерштедт, 1974). Другим примером супергена является блок генов, определяющий тип цветка у одного из видов *Primula* L. и объединяющий внутри блока гены *G* – определяющие высоту столбика, *Sp* – размер сосочков рыльца, *i* – самонесовместимость, *P* – размер пыльцевых зерен, *A* – длину пыльников (Эрнст, 1933; Левис, 1954). В числе таких же примеров и суперген в сегменте *Q* спельтоидных мутантов культурной гексаплоидной пшеницы *Triticum aestivum*, интегрированные гены которого мутируют все вместе и между ними обычно не происходит рекомбинации. Считается, что именно этот суперген сыграл главную роль в изменении колоса пшеницы в процессе ее окультуривания (Фрэнкель, Мундэй, 1962). Очевидно, что такие интегрированные генные комплексы, образованные в процессе эволюции в результате инверсий, транслокаций, повторных дупликаций, неравного кроссинговера, имеют значительные селективные преимущества, а под влиянием естественного отбора число адаптивно значимых генов, включенных в генофонд популяции, увеличивается (Жученко, 1980, 2001, 2004, 2012).

Адаптивный потенциал низших и высших организмов. Информация об адаптивном потенциале организмов (даже по наиболее изученным из них) до последнего времени не была систематизирована. Такая же ситуация сложилась и по культурным растениям, характеристики модификационной и генотипической изменчивости которых накапливались уже с момента зарождения земледелия, т.е. по крайней мере в течение последних 10 тыс. лет. Достаточно вспомнить историю культуры земледелия, существовавшую еще до нашей эры в Вавилоне, Египте, Византии, Риме, Китае, племен майя, ацтеков и др., а также исторические записки о сельском хозяйстве Катона Старшего (234–149 гг. до н.э.), Марка Варрона (116–27 гг. до н.э.), Плиния Старшего (24–79 гг.), Колумеллы (I в. н.э.) и др. При этом весьма исчерпывающими были не только оценки онтогенетической адаптации таких культур, как пшеница, ячмень, рис, кукуруза, но и сведения об особенностях наследования их наиболее хозяйственно ценных признаков, в т.ч. и систем размножения! Все это позволяло уже с древнейших времен пользоваться «агрономическими календарями», целенаправленно вводить в культуру новые виды растений, вести их селекцию. О выдающейся интуиции первобытных земледельцев свидетельствует прежде всего тот факт, что из 250 тысяч цветковых растений еще в период неолита человек ввел в

культуру около 5–7 тысяч видов, тогда как в течение последних тысячелетий впервые окультурено лишь несколько десятков, а вновь создано – единицы. Главной причиной отсутствия систематизированной и глубоко проанализированной информации об адаптивном потенциале даже самых изученных высших организмов является, на наш взгляд, отсутствие необходимого в такой ситуации методологического подхода к анализу этого сложнейшего феномена. Между тем из истории науки хорошо известно, что в основу начального анализа сложных систем должен быть положен дискретный подход, т.е. их функциональная структуризация на более простые компоненты. И только после изучения важнейших из них можно переходить к оценке системы в целом (Жученко, 2010).

Адаптация в современной биологии. Подчеркивая главенствующее положение проблемы адаптации в современной биологии, Е. Майр еще в 1960-е гг. обращал внимание на то, что приспособленность организмов к изменяющимся условиям внешней среды в гораздо большей степени определяется свойствами именно всего комплекса генов, чем каким-то одним пусть даже очень важным в функциональном отношении геном. Именно по этой причине спор о том, что важнее для естественного или искусственного отбора – мутации отдельных генов или рекомбинации на уровне целых хромосом и их интегрированных сегментов, он относил «к битвам прошлых поколений», приводя одновременно многочисленные доказательства того, что если вид высших эукариот встречается с нетрадиционной средой, его возможности освоения новой экологической ниши в решающей степени зависят от способности образовывать новые генные комбинации. В монографии «Введение в субмолекулярную биологию» (М., 1966) А. Сент-Дьери отмечал, что «при объединении двух вещей рождается нечто новое, качества которого не аддитивны и не могут быть выражены через качества составляющих его компонент». Результаты такого взаимодействия были названы эмерджентными (заново возникающими) свойствами, проявление которых на разных уровнях организации живого (молекулярном, клеточном, тканевом, органном, организменном, популяционном, видовом, биоценотическом, экосистемном и биосферном) существенно различается. Вот почему уместно вспомнить призыв К.Х. Уодингтона (монография «Морфогенез и генетика, М., 1964) «… развить надструктурную теорию, которая позволила бы понять ор-

ганизацию высших наиболее сложных форм жизни». Недостаточное внимание к указанным особенностям формирования адаптивного потенциала и эмерджентных свойств явилось одной из причин необоснованного выбора приоритетных направлений, методов и походов к управлению наследственностью и изменчивостью прокариот, а также низших и высших эукариот (разная роль мутаций и рекомбинаций; недооценка значения мейотической рекомбинации – «краеугольного камня селекции» в формировании доступной отбору генотипической изменчивости у цветковых растений; игнорирование роли «эволюционной памяти» культивируемых видов и сортов при их агроэкологическом макро-, мезо- и микрорайонировании; недооценка механизмов и структур биоценотической саморегуляции при конструировании адаптивных агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов, а также при повышении экологической устойчивости сортов и гибридов к действию абиотических и биотических стрессоров и т.д.). Утверждается, например, что общая адаптивность растений и биоценозов при более тщательном изучении состоит из вариантов нераспознанной специфической адаптации (Симмондс, 1962). Между тем такое определение, на наш взгляд, ошибочно, поскольку общая адаптивность, это не сумма, а интеграция признаков и функций, предопределяющая новое качество и уровень адаптивности организмов на разных уровнях их организации, включая молекулярную экологию (см.Жученко, 1980). Причем каждый из них, в свою очередь, характеризуется прямым проявлением новых интегративных, или эмерджентных, свойств (Жученко, 1980, 2001).

Адаптивный потенциал культурных растений – взаимосвязь генетических программ онтогенетической и филогенетической адаптации к условиям окружающей среды. Использование особенностей адаптивного потенциала культурных растений, т.е. их генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации, при эволюционно-аналоговом подходе к конструированию агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов, отвечающих требованиям высокой продуктивности, экологической устойчивости, ресурсоэнергоэкономичности, природоохранности и дизайно-эстетической полноценности, базируется прежде всего на увеличении их биологического (в т.ч. видового и сортового) разнообразия, адаптивного размещения во времени и пространстве с целью более эффективной утилизации почвенно-климатического потенциала каждой макро-, мезо- и мик-

ротерритории, сохранения и создания новых механизмов и структур биоценотической саморегуляции, включая механизмы биологической взаимодополняемости и биокомпенсации, асинхронности сезонных циклов фотосинтетической и биологической активности (смешанные, повторные, подпокровные и другие посевы, культуры и сорта-взаимострахователи), усиления замкнутости биогеохимических циклов, способности эффективно утилизировать химико-техногенные факторы интенсификации растениеводства и др. Для практической реализации этих задач особую роль приобретают такие признаки видов и сортов растений, как их конкурентоспособность, аллелопатические и симбиотические взаимодействия, средоулучшающие возможности, генетический контроль и реализация которых осуществляется как на уровне индивидов, так и фитоценозов. При этом следует также учитывать наиболее важные ценотические эффекты и механизмы популяционного гомеостаза, синергизма, компенсаторности, кумулятивности, особенности формирования которых для большинства видов растений предстоит еще изучить. Для управления естественным отбором биотических компонентов, составляющих агроценозы, агроэкосистемы и агроландшафты, а также поддержания в них экологического равновесия, нужно максимально использовать механизмы и структуры биоценотической саморегуляции (Жученко, 1980).

Адаптивная система селекции – её следует рассматривать как с позиций организации самого селекционного процесса (учет феноменологии рекомбинационной изменчивости каждого культивируемого вида; использование средств эндогенного и экзогенного индуцирования мейотической рекомбинации, особенно при межвидовой гибридизации; регулирование процессов элиминации рекомбинантов за счет гаметной селекции; обеспечение агроэкологической, технологической и биоценотической типичности селекционных и сортоиспытательных участков; создание пространственно-репрезентативной эколого-географической селекционной сети и др.), так и оптимального агроэкологического макро-, мезо- и микрорайонирования культивируемых видов и сортов растений, целенаправленного конструирования экологически устойчивых агроэкосистем и агроландшафтов, повышения агроэкологической обоснованности системы семеноводства. Дальнейший рост эффективности селекционного процесса требует комплексного подхода к вопросам созда-

ния, оценки и использования новых сортов и гибридов. Обсуждая эколого-генетические основы адаптивной системы селекции, мы считаем необходимым обратить внимание на то, что генетические особенности того или иного признака могут изучаться лишь после установления его физиологической, биохимической, морфоанатомической или фенологической природы. Так, основная задача экологической физиологии растений – выяснение механизмов и структур их адаптации к неблагоприятным условиям внешней среды за счет засухоустойчивости, солеустойчивости, морозоустойчивости, холодоустойчивости и т.д. Неслучайно Н.А. Максимов (1916, 1926, 1929) стремился изначально дать глубокий физиологический анализ сущности засухоустойчивости растений, анализируя те свойства протоплазмы и ее органоидов, от которых зависит устойчивость растений к засухе. Кроме того, он обращал внимание на возможность использования корреляции между различными типами устойчивости, что облегчает поиск геноносителей и селекцию на комплексную устойчивость. При этом корреляции могут быть положительными и/или отрицательными, а соответствующую связь называют «сопряженной устойчивостью» (Генкель, Кушниренко, 1966). В настоящее время все чаще предпочтение отдают региональным селекционным программам, смысл которых состоит в создании сортов и гибридов, наиболее эффективно использующих местные благоприятные условия и одновременно устойчивых к лимитирующим факторам среды, типичным для данной почвенно-климатической зоны и даже местности. Другими словами, региональная адресность селекции позволяет не только обеспечить высокую потенциальную продуктивность сорта, но и минимизировать его затраты на защитно-компенсаторные реакции с учетом особенностей местных лимитирующих факторов внешней среды. Такой подход важен как в силу трудностей сочетания в одном сорте большого числа хозяйственно ценных признаков, так и наличия отрицательных корреляций между признаками потенциальной продуктивности и экологической устойчивости, формирование и функционирование структур которых («молчащий резерв») требует затрат ассимилятов даже при отсутствии стрессовых ситуаций. Поскольку полностью решить такую задачу за счет только селекции или агротехники невозможно, необходимо разрабатывать интегрированные селекционно-агротехнические региональные программы. Причем чем, более разнообразны и менее

благоприятны почвенно-климатические и погодные условия данного региона, чем менее прогнозируемы и необычны возможные погодные флуктуации, тем большим запасом экологической устойчивости (надежности) должны обладать сорта (гибриды), культивируемые виды, агроценозы и агроэкосистемы. По мере усиления напряженности неблагоприятных факторов природной среды и увеличения их повторяемости возрастает роль общей конститутивной устойчивости культивируемых видов растений, т.е. специфическая устойчивость сортов одного вида как бы уступает место сортам более приспособленного вида (Жученко, 1973, 1980, 2010).

Адаптивность сорта – агроэкологический паспорт сорта (или однотипных групп сортов и гибридов), характеризующий определенные «критические» периоды отзывчивости на факторы внешней среды в процессе онтогенеза. Выявление характера изменчивости признаков, оказывающих решающее влияние на величину и качество урожая, лежит в основе разработки и принципов сортовой агротехники каждой культуры. Особое внимание следует уделить признакам с наибольшим коэффициентом агроэкологической и/или генетической вариабельности, поскольку именно на использовании этих показателей и базируется разработка интегрированных селекционно-агротехнических программ. В тех случаях, когда значения признаков под действием регулируемых факторов внешней среды изменить до нужного уровня не удается, его нужно обеспечить за счет селекции или поиска новых экзогенных регуляторов. В целом же, анализ природы и амплитуды вариабельности, а также коррелятивных связей между хозяйственно ценными, в т.ч. адаптивными признаками, указывает на необходимость и возможность обеспечить высокую и стабильную урожайность культивируемых растений на основе оптимального сочетания адаптивного потенциала за счет модификационной и генотипической изменчивости вида, сорта, а также регуляторных возможностей технологий возделывания. Заметим, что важность разработки по каждому культивируемому виду и сорту агроэкологического паспорта, характеризующего особенности их адаптивного потенциала, неоднократно подчеркивал Н.И. Вавилов. В наше время необходимость оценки специфики потенциальной продуктивности и экологической устойчивости вновь районируемых сортов и гибридов значительно возросла в связи с высоким уровнем химико-техногенной интенсификации, все большим разнообразием

предлагаемых производству селекционных форм и ускорением сортосмены (Жученко, 1980, 2010).

Адаптивное (во времени и пространстве) размещение семеноводческих посевов – специфические требования каждой культуры (в т.ч. системы ее семеноводства) к абиотическим и биотическим условиям внешней среды, включая опасность семенной инфекции. Важна разработка зональных систем семеноводства для каждого вида растений и специфичных направлений его селекции, обеспечивающих выбор наиболее благоприятных для формирования посевных и сортовых показателей семян территорий, в т.ч. с учетом особенностей их микроклимата и фитосанитарной ситуации (около 170 видов возбудителей болезней и вредителей передаются с семенами). Одновременно должна быть достигнута и необходимая пространственная изоляция между одновидовыми сортами и линиями. Типизация условий внешней среды играет наиболее важную роль в питомниках отбора и размножения, т.е. в первичном семеноводстве, что обусловлено действием естественного отбора, особенно у перекрестноопыляемых видов растений. Следует также типизировать и ценотические факторы отбора, действие которых определяется важнейшими приемами агротехники (густота, схемы, сроки посева и др.). Сохранение «эволюционной» и «онтогенетической» памяти сортов и гибридов требует периодического возврата первичного семеноводства в условия, существовавшие в зоне их создания (Жученко, 1980, 2010).

Адаптивно значимые и хозяйственно ценные количественные признаки у цветковых видов растений – следует особо выделить признаки конститутивные (синонимы: организационные, системные, стержневые, основополагающие), обусловливающие наиболее характерные для каждого вида особенности как онтогенетической, так и филогенетической адаптации и обладающие чрезвычайным постоянством в ряду поколений. Очевидно, что такие особенности количественных признаков могут быть зафиксированы в процессе эволюции только в блоках коадаптированных генов и других системах генетической коадаптации, т.е. структурной и функциональной интегрированности генетического материала. Поскольку рекомбинационное разрушение целостности указанных коадаптаций, в т.ч. распада коадаптированных генных сочетаний (блоков генов, кластеров и супергенов), приводит к нарушению функциональ-

ной сбалансированности генотипа, в т.ч. в образованных и апробированных в течение длительной эволюции системах онтогенетической и филогенетической адаптации, их защиту и сохранение с помощью соответствующих механизмов (межвидовой несовместимости и инконгруентности геномов, квазисцепления, ограничения множественных обменов из-за положительной интерференции, рецессивность rec-аллелей, увеличивающих частоту и спектр кроссоверов, но снижающих такую возможность из-за трудностей их гомозиготизации при получении гибридов, рецессивность генов стерильности и селективной элиминации большинства рекомбинантов на всех постсингамных стадиях – зигот, эмбрионов, семян, проростков) следует считать важнейшим эволюционным преимуществом цветковых видов растений. Указанная система ограничений генотипической изменчивости, будучи закрепленной в «эволюционной» и «онтогенетической» памяти каждого вида и экотипа, с одной стороны сохраняет соответствующий потенциал от излишнего рассеивания, а с другой – обеспечивает надежность адаптации последующих поколений к постоянно варьирующим условиям внешней среды. Более того, благодаря этому достигается эволюционный компромисс между стабильностью и изменчивостью в «настоящем» и «будущем». В то же время нельзя не признать, что наличие указанных систем коадаптации, проходящих неизменными в течение длительных периодов филогенеза, создает серьезные затруднения в селекции растений, особенно базирующейся на межвидовой и межродовой гибридизации. Характерной особенностью функционирования рекомбинационной системы у высших эукариот является свойство сбалансированного высвобождения потенциала генотипической изменчивости. Именно способность гетерозигот и гетерогенных популяций к такой реализации потенциала генотипической изменчивости в варьирующих условиях внешней среды и формирует в системе «генотип – среда» канал обратной связи в качестве основного механизма достижения эволюционного компромисса между онтогенетической и филогенетической адаптацией, и, как будет показано в дальнейшем, на этой же основе в процессе «попутного транспорта» достигается перенос действия отбора с уровня генетических детерминантов онтогенетической приспособленности на уровень преобразования rec-систем, т.е. нормы филогенетической адаптации. При этом реализация потенциальной рекомбинационной изменчивости зависит не

только от особенностей «эволюционной», но и «онтогенетической» памяти гетерозигот и гетерогенных популяций растений, что и обеспечивает, в конечном счете, эволюционный компромисс, на основе оптимизации стратегии запасания и высвобождения генетической изменчивости (Жученко, 1980, 1988, 1995, 2004).

Блоки коадаптированных генов и системы генетической коадаптации – структурная и функциональная интегрированность генетического материала. Поскольку рекомбинационное разрушение целостности коадаптаций, в т.ч. распада коадаптированных генных сочетаний (блоков генов, кластеров и супергенов) приводит к нарушению функциональной сбалансированности генотипа, в т.ч. в образованных и апробированных в течение длительной эволюции систем онтогенетической и филогенетической адаптации, их защиту и сохранение с помощью соответствующих механизмов (межвидовой несовместимости и инконгруентности геномов, квазисцепления, ограничения множественных обменов из-за положительной интерференции, рецессивность rec-аллелей, увеличивающих частоту и спектр кроссоверов, но снижающих такую возможность из-за трудностей их гомозиготизации при получении гибридов, рецессивность генов стерильности и селективной элиминации большинства рекомбинантов на всех постсингамных стадиях – зигот, эмбрионов, семян, проростков) следует считать важнейшим эволюционным преимуществом цветковых видов растений. Очевидно, что указанная система ограничений генетической изменчивости, будучи зафиксированной в «эволюционной памяти» каждого вида и экотипа, с одной стороны охраняет соответствующий потенциал от излишнего рассеивания, а с другой – обеспечивает надежность адаптации последующих поколений к постоянно варьирующим условиям внешней среды. Более того, благодаря этому достигается эволюционный компромисс между стабильностью и изменчивостью в «настоящем» и «будущем». В то же время нельзя не признать, что наличие указанных систем коадаптации, проходящих неизменными через филогенетический ряд, создает серьезные затруднения в селекции растений, особенно базирующейся на межвидовой и межродовой гибридизации (Жученко, 1980, 2010, 2012).

Биоэнергетические механизмы формирования репродуктивных систем – у растений важнейшая роль принадлежит пыльцевой производительности, которая в адаптивной системе селекции

должна играть наибольшую роль, поскольку именно от этого показателя зависит широкий или, наоборот, узкий диапазон экологической адаптации культивируемого вида и сорта, а следовательно, возможности устойчивого роста урожайности. Биоэнергетическое направление пыльцевой селекции важно и потому, что от соотношения затрат первичных ассимилятов на реализацию репродуктивных функций и вегетативный рост зависит дифференциация культурных растений и вредных видов на r- и K-стратегов, различающихся, согласно Мак-Артуру и Уилсону (1967), по максимальному вкладу их первичных ассимилянтов соответственно в репродуктивную (продуцирование наибольшего количества потомков в самые короткие сроки) или онтогенетическую конкурентоспособность. Для адаптивного растениеводства контроль над этой ситуацией имеет исключительно большое значение, поскольку позволяет оптимизировать «эволюционный танец» генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации в системе «хозяин – паразит – среда» (Жученко, 1980).

Гены урожайности – генов урожайности как таковых не существует, а генетический контроль величины и качества урожая обеспечивается многочисленными взаимодействующими генетическими детерминантами целостного растения, успех создания потенциально высокоурожайных и экологически устойчивых сортов, а тем более агроэкосистем и агроландшафтов, в большинстве случаев определяется не каким-то одним, пусть даже очень важным признаком (геном), а особенностями генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации культивируемых видов растений и других биотических составляющих агробиогеоценоз компонентов, а также характером проявления их взаимодействия (эмерджентными свойствами) на разных уровнях организации. Так, именно в результате интегрированности адаптивных реакций и структур в онтогенезе и филогенезе цветковых растений и других высших эукариот, наиболее распространенной коррелятивной реакцией при одностороннем их отборе на высокую потенциальную продуктивность оказывается снижение их общей и специфической экологической приспособленности. Очевидно, что выдающиеся достижения в области

молекулярной биологии, как впрочем, геномики*, протеомики**, метаболомики*** не способны объяснить сущности биологических явлений на уровне жизни. XXI век – действительно век биологии, но это вовсе не означает, что биология как наука о закономерностях органической жизни исчерпывается представлением только о молекулярном уровне ее организации и преобразования. Методологический принцип науки, изучающей сложные системы и расчленяющей их вначале на более простые составляющие (сведение сложного к более простому), вполне оправдан. Однако такое утверждение справедливо только в том случае, если указанный процесс редукции не приводит к потере из поля зрения самой исследуемой системы или утрате понимания ее главных функций (Жученко, 1980, 1988, 2001, 2004, 2010).

Глобальные и локальные изменения погодно-климатических условий заставляют внести целый ряд существенных изменений в адаптивную систему мобилизации генофонда, селекции, сортоиспытания, конструирования агроэкосистем, к числу важнейших из которых следует отнести:

– более частые и адресные сборы (экспедиции) экотипов с учетом возросших темпов генотипической изменчивости генофонда флоры и фауны (их большей динамичности). При этом необходимо учитывать, что за счет селекции и использования сортовой агротехники, наряду с историческими зонами производства высокобелковой пшеницы (Западная Сибирь, Алтай и Юго-Восток), в нашей стране созданы такие сорта, как Московская 39, Немчиновская 24 и др. (акад. Б.И. Сандухадзе), способные накапливать в зерне не только 14–15% белка и большое количество клейковины. Одновременно получен сорт Греммэ голозерной полбы, зерно которой содержит 16% белка и пригодно для использования в качестве диетической крупы (Тимербекова, 2010);

– особое внимание поиску гендоноров устойчивости растений к действию абиотических и биотических стрессоров, а также высоких

---

* Геномика – изучает геном и гены, включая синтез и распределение транскриптов (молекул РНК) в организмах.

** Протеомика (функциональная, структурная и медицинская) – разрабатывает технологии быстрого секвенирования ДНК, создавая базы данных нуклеотидных последовательностей и молекулярных белковых атласов отдельных клеток, органов и тканей.

*** Метаболомика – изучает метаболом, т.е. всю совокупность относительно небольших молекул – метаболитов, функционирующих в организме.

показателей качества и средоулучшающих свойств, как наиболее дефицитной категории в видовой и экотипической структуре растительного биоразнообразия;

– оценку имеющегося и вновь формируемого генофонда видов, сортов и экотипов растений с целью поиска среди них генетически модифицированных форм и создания на этой основе генетической коллекции ГМО (как потенциальных доноров и/или индукторов генетической изменчивости – мутационной и/или рекомбинационной);

– необходимость повышения пространственной и особенно временно́й репрезентативности оценок в системе государственного сортоиспытания за счет увеличения числа контрастных по почвенно-климатическим и погодным условиям мест оценки сортов и гибридов;

– повышение уровня, надежности и достаточности первичного семеноводства сортов и гибридов на основе использования специально подобранных и/или созданных фонов в питомниках отбора и размножения с целью сохранения изначально достигнутого (базового) уровня устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров, скороспелости, а также содержания в урожае биологически ценных веществ (белка, аминокислот, углеводов, жиров, витаминов, минеральных солей и пр.);

– выявление для важнейших сельскохозяйственных культур зон гарантированного по годам производства их основного сортового набора семян с высокими посевными и сортовыми показателями, включая отсутствие семенной инфекции, высокий абсолютный вес семян и их необходимую всхожесть в количестве, достаточном для обеспечения всей посевной площади, создания необходимых федеральных и региональных страховых фондов, своевременного проведения сортосмены и сортообновления;

– необходимость существенного снижения доли импорта семян таких культур, как сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза, овощные и др. не только по причине демпинговых цен на них (ежегодные затраты на закупку составляют 7,5 млрд. руб.), что разрушает на корню отечественное семеноводство и становится причиной завоза новых видов и рас возбудителей болезней, вредителей и сорняков, резкого снижения устойчивости агрофитоценозов к действию абиотических и биотических стрессоров;

– более широкое использование новых гендоноров устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров. Среди них: трансгрессивные и интрогрессивные рекомбинанты важнейших зерновых культур, всепогодные сорта и их «мозаика», бóльшая устойчивость тритикале и ячменя к притертой ледяной корке, лучшая зимостойкость, достигаемая за счет углубления и образования нескольких узлов кущения (до 7 см и более), обнаружение гендоноров устойчивости к угандийской расе стеблевой ржавчины (США, 2009) и др.;

– широкое использование сортов и гибридов растений, из которых 50–70% должны обладать комплексной устойчивостью к вредным видам (Жученко, 2010).

Достоверность и оперативность сортоиспытания – требует, прежде всего, обеспечения агроэкологической адресности, а также пространственной и временнóй репрезентативности всей опытной сети, а также правомерной экстраполяции полученных оценок. При этом увеличение числа вариантов в системах «сорт × место» оказывается более эффективным, чем взаимодействие «сорт × год», а также число повторностей в одной местности. Одновременно важно разрабатывать «агроэкологические паспорта», характеризующие адаптивные и адаптирующие особенности новых сортов (гибридов) и технологий их возделывания (сортовой агротехники) в конкретных почвенно-климатических и погодных условиях зон будущего распространения. Для обеспечения репрезентативности селекционных и сортоиспытательных оценок, а также технологических (сроки, схемы и нормы посевов, внесения удобрений и поливов, междурядных обработок и т.д.) необходимо также учитывать особенности микрофитоклимата в соответствующих агроценозах и агроэкосистемах, влияющие на фенотипическую вариабельность адаптивно значимых и хозяйственно ценных признаков, а также особенности функционирования механизмов и структуру биоценотической саморегуляции, от чего существенно и зависит достоверность соответствующих оценок. Причем, в случаях использования в качестве контрольных небольших делянок или одиночных растений, реальные результаты искажаются под влиянием «оазисных эффектов». Необходимость существенного роста пространственной и временнóй достоверности системы государственного испытания является не только актуальной, но и весьма сложной, причем как в научном, так и в практиче-

ском плане задачей. Подробно эти вопросы были рассмотрены ранее (Жученко, 1976, 1980, 1988, 2001, 2004).

Модификационная (индивидуальная) изменчивость – отражает действие факторов внешней среды на растение; причем каждому признаку свойственны пределы его экологического варьирования. Знание коэффициента вариации (изменчивости) исследуемого признака, а также пределов (амплитуды) его вариабельности (дисперсии, среднеквадратических отклонений и др.) на уровне вида и сорта позволяет правильно решать вопросы отбора средней пробы, планировать число необходимых для анализа растений, оценивать характер наследования признака и т.д. Признаки с низким коэффициентом модификационной изменчивости относятся к числу «надежных» как при селекционном отборе искомых генотипов (легко идентифицируемых), так и в таксономических исследованиях («ключевые признаки»). Без соблюдения этих положений любое селекционное, биохимическое или агротехническое исследование в варьирующих условиях внешней среды оказывается «случайной фиксацией случайного исходного материала», при которых ошибочность получаемых результатов неизбежна. Между тем с учетом пороговых значений коэффициентов вариации исследуемых признаков по специальным таблицам возможно определить объем выборки, обеспечивающей достоверную оценку среднего значения соответствующей изменчивости с заданной точностью. Кроме того, знание коэффициентов генотипической (VG) и экологической (VE) изменчивости изучаемых признаков позволяет вести соответственно целенаправленный и эффективный их поиск и отбор, а также разрабатывать интегрированные селекционно-агротехнические программы и сортовую агротехнику (Жученко, 1973, 1980, 1988, 2001, 2004).

«Онтогенетическая память» рекомбинационной системы цветковых растений – зависимость изменения генотипической изменчивости в расщепляющихся поколениях от условий внешней среды важное эволюционное приспособление, обеспечивающее оптимизацию сохранения и высвобождения потенциала филогенетической адаптации у высших эукариот. В экологической генетике культурных растений вопросам использования возможностей эндогенного и экзогенного индуцирования мейотической рекомбинации уделено особое внимание. В этой же связи нами введено понятие и экспериментально подтверждено существование «онтогенетической

памяти» рекомбинационной системы, суть которого состоит в том, что влияние условий внешней среды (особенно действие абиотических и биотических стрессоров) на «критических» этапах онтогенеза растений и гибридов и компонентов их скрещивания, может выступать в качестве индукторов мейотической рекомбинации, включая изменение частоты и распределения (спектра) кроссоверных обменов (Жученко, 1980, 1988, 2004).

Основа теории и практики селекционных программ – современные представления о механизмах и генетическом контроле рекомбинаций у высших растений, взаимосвязи генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации, системной регуляции формирования потенциальной генетической изменчивости и ее перехода в свободную и доступную отбору, феноменологии кроссоверных обменов (зависимость от условий внешней и «внутренней» среды, плоидности, пола, возраста, наличия добавочных хромосом и других факторов) и дифференцированной элиминации рекомбинантных гамет и зигот на постмейотических этапах. В современных условиях возможности селекции в управлении этапами формирования генотипической изменчивости, благодаря использованию методов соматической гибридизации, культуры клеток и тканей, а также генетической инженерии, значительно возросли. Однако с учетом полигенной природы важнейших хозяйственно ценных признаков растений и высокой интегрированности их генома разработке методов эндогенного и экзогенного управления мейотической рекомбинацией культивируемых растений в обозримом будущем принадлежит исключительно важная роль (1973, 1980, 2012).

Особенности формирования частоты и спектра кроссоверных обменов в макро-и микроспорогенезе – не только специфично для разных культур, но и различается в несколько раз, позволяет со значительно большей эффективностью подбирать материнские и отцовские генотипы при скрещивании. В опытах Гриффинга и Лангриджа (1963) на гибриде F_1 томата была продемонстрирована существенно разная частота кроссоверов по маркерным генам 1, 2 и 3-ей кистей. Соответствующий показатель на 1-ой кисти (величина *rf*) в три раза превышал таковой на 3-ей кисти, что указывает на необходимость раздельного сбора и использования семян с каждой из кистей. Более того, в работах А.А. Жученко (мл.), изучавшего особенности формирования кроссоверной изменчивости у томата на ор-

ганном, организменном и популяционном уровнях (автореферат дисс. д-ра биол. наук. СПб, 1996) были показаны различия по частоте кроссоверов (величины *rf*) даже в пределах одной кисти для каждого плода. Указанные и другие аналогичные данные убедительно свидетельствуют о том, что в процессе селекции следует раздельно использовать семена гетерозигот, полученные с разных кистей и плодов, частей колосьев и початков, этапы предмейоза, мейоза и постмейоза которых протекают в разных условиях внешней среды. Данные о резком сокращении частоты и спектра рекомбинантов в потомстве межвидовых и тем более межродовых гибридов (эффект «рекомбинационного веретена») указывают на необходимость широкого использования в этих ситуациях факторов эндогенного и экзогенного индуцирования мейотической рекомбинации. Так, Сирс и Окамото (1958) обнаружили и описали генетическую систему, контролирующую специфичность пространственных связей хромосом у растений пшеницы. Было установлено, что блокирование гомеологичной конъюгации у этой культуры контролируется геном *Ph*, расположенном на длинном плече *5B*-хромосомы генома. Достаточно было удалить эту хромосому или подавить ее действие, как появлялась возможность конъюгации не только со своими гомологами, но также с хромосомами родственных видов и родов. Помимо возможностей эндогенного управления мейотической рекомбинацией, Сирс (1956) продемонстрировал и возможность индуцирования межхромосомноо обменаа с помощью обработки гетерозигот рентгеновскими лучами, в результате которой небольшой участок хромосомы *Aegilops umbellulata* Zhuk, обусловливающий устойчивость к бурой ржавчине (*Puccinia triticina* Erukss.), был транслоцирован в одну из хромосом пшеницы (*Triticum aestivum*). Таким же методом мягкой пшенице была передана устойчивость к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis* Pers.) от *Agropyron elongatum* (Host) Beauv. В последующем методы индуцированного рекомбиногенеза были успешно применены на многих межвидовых гибридах (Жученко, 2012).

Потенциал доступной отбору генотипической изменчивости – главным условием введения того или иного вида растений в культуру, а также успешной его селекции, помимо его хозяйственно значимых свойств, является потенциал доступной отбору генотипической изменчивости. В этом случае действует старейшее правило селекции: «Чтобы создать новый сорт нужно его, во-первых, уже

иметь (в расщепляющихся популяциях), а во-вторых, суметь найти». Если первое условие реализуется, в основном, за счет целенаправленного подбора пар для скрещивания как самоопыляющихся, так и перекрестноопыляющихся видов растений, то для второго необходимо использование разных методов распознавания искомых генотипов за «фасадом» их фенотипа (создание специальных фонов отбора, применение методов маркерного анализа и т.д.), важнейшим из которых мы считаем интуицию селекционера, т.е. его «дар божий». Специфика потребностей и подходов в России к мобилизации растительных ресурсов и селекции обусловлена суровостью и разнообразием почвенно-климатических и погодных условий в основных земледельческих зонах. На ее территории проходят биологические границы возможного произрастания практически всех важнейших для страны сельскохозяйственных культур. Эти обстоятельства исторически и предопределили создание в разных регионах России многочисленных местных сортов. Некоторые из них и сегодня остаются непревзойденными в мире по скороспелости, морозо-и зимостойкости, засухоустойчивости и в течение XX столетия широко использовались при получении лучших сортов пшеницы, ржи, овса, клевера, люцерны, тимофеевки, костра, многих плодово-ягодных и овощных культур не только в России, но и в США, Канаде и других странах. Так, после посещения в 1921 г. в Нью-Йорке выставки «Как создавалась Америка» Н.И. Вавилов в статье «Селекционные и сортовые возможности России» писал: «Испания открыла Америку, Англия дала ей язык, Германия построила университеты… Россия дала Америке семена главнейших сельскохозяйственных растений… Именно русские сорта пшеницы, ячменя, ржи и овса создали земледелие Канады и северной половины Соединенных Штатов» (разрядка наша. – *А.Ж.*). Очевидно, что в условиях глобального и локального изменения погодно-климатических условий мировая востребованность отечественных генетических ресурсов значительно возрастает. А это, в свою очередь, требует существенного увеличения масштабов их сбора и изучения с целью создания коллекций идентифицированных по адаптивно значимым и хозяйственно ценным признакам гендоноров. Наиболее важную роль при этом будут играть генотипы как с высоким потенциалом онтогенетической адаптации (особенно к действию абиотических и биотических стрессо-

ров), так и большей доступной отбору соответствующей генотипической изменчивостью (Жученко, 2010).

Пространственная и временная репрезентативность оценок и рекомендаций ГСУ – роль ГСУ в условиях специализации и крупномасштабной организации сельскохозяйственного производства по сравнению с многоотраслевой и мелкомасштабной (фермерской) системой резко возрастают. Существенно, что в этой ситуации экономический ущерб увеличивается прямо пропорционально масштабам территориальной концентрации производства той или иной культуры. С другой стороны, размещение ГСУ на основе типизации территории по параметрам рельефа, почв и климата, использование математических моделей для прогнозирования агроэкологической изменчивости хозяйственно ценных признаков сортов и гибридов в основных макро-, мезо- и микроагроклиматических зонах объективно позволяют именно в условиях крупномасштабной организации сельскохозяйственного производства обеспечить наиболее эффективное использование пространственной и временнóй репрезентативности рекомендаций науки (Жученко, 1980, 2010).

Рекомбинации – мейотическая рекомбинация является главным фактором адаптивно значимой генотипической изменчивости у цветковых растений, включающая обмен целых хромосом (менделевское расщепление), их сегментов (кроссинговер) и внутригенный обмен (конверсию). В структуре программы генотипической изменчивости в качестве самостоятельных механизмов генотипической изменчивости выделены мутации, рекомбинации, SOS-репарации и генетические мобильные элементы. Известно, что длительная дискуссия генетиков о том, что важнее в эволюции – мутации или рекомбинации, уже давно относят к «битвам прошлых поколений». Так, Майр (1975), отдавая приоритет мутациям у низших организмов (бактерии, вирусы), признавал первостепенную значимость мейотической рекомбинации у высших эукариот. Установлено, что возникновение генотипической изменчивости в результате мейотической рекомбинации происходит почти вдвое быстрее, чем только за счет мутационных процессов, и является главным источником наследственной изменчивости в естественных популяциях, направляющим эволюцию высших эукариот (Левонтин, 1978). Стеббинс (1959, 1968) образно сравнивает мутации с бензином, рекомбинации – с мотором, а отбор – с водителем. Сами же мутации, в качестве

единственного источника генетической изменчивости, не могли обеспечить быстрых скачков в эволюции растений, и эта роль принадлежит гибридизации и мейотической рекомбинации. Именно рекомбинация, которая хотя изначально и зависит от случайных мутаций, ускоряет эволюцию, комбинируя их в потомстве гетерозигот в адаптивно значимые комбинации. Мы считаем, что беспрецедентно быстрое формирование громадного числа видов цветковых растений, которое Ч. Дарвин (1859) называл «ужасной тайной», стало возможным только благодаря мейотической рекомбинации. За счет мейотической рекомбинации у высших растений образуются новые адаптивные, в т.ч. трансгрессивные по хозяйственно ценным признакам и их сочетаниям генотипы, происходит интрогрессия зародышевой плазмы при межвидовой гибридизации, появляются формы с аномальной изменчивостью. Из понимания ведущей роли рекомбинационной изменчивости в селекции растений неизбежно следует вывод о том, что в основу теории и практики селекционных программ должны быть положены современные представления о механизмах и генетическом контроле рекомбинаций у высших растений, взаимосвязи генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации, системной регуляции формирования потенциальной генетической изменчивости и ее перехода в свободную и доступную отбору, феноменологии кроссоверных обменов (зависимость от условий внешней и «внутренней» среды, плоидности, пола, возраста, наличия добавочных хромосом и других факторов) и дифференцированной элиминации рекомбинантных гамет и зигот на постмейотических этапах. В современных условиях возможности селекции в управлении этапами формирования генотипической изменчивости, благодаря использованию методов соматической гибридизации, культуры клеток и тканей, а также генетической инженерии, значительно возросли. Однако с учетом полигенной природы важнейших хозяйственно ценных признаков растений и высокой интегрированности их генома разработке методов эндогенного и экзогенного управления мейотической рекомбинацией культивируемых растений в обозримом будущем принадлежит исключительно важная роль. несмотря на определенные успехи в мутационной селекции, особенно при получении новых гендоноров ряда культур (ячменя, кукурузы, риса, пшеницы и др.) и создании многочисленных сортов декоративных видов, «краеугольным камнем» (выражение

Мюнтцига, 1967) селекции культивируемых растений была и остается мейотическая рекомбинация. И, как справедливо подчеркивал выдающийся генетик XX в. академик Н.П. Дубинин (1977), – «Односторонне увлечение мутагенезом оставило в стороне другой могущественный фактор эволюции и селекции – рекомбиногенез». Об обоснованности такого утверждения убедительно свидетельствует, например, тот факт, что в большинстве учебников по селекции культурных растений, причем даже изданных в последние годы, нет разделов, посвященных мейотической рекомбинации, а также постмейотической элиминации рекомбинантных гамет и зигот (Жученко, 1973, 1980, 2010).

Роль агроэкологической репрезентативности питомников отбора – позволяет использовать естественный стабилизирующий (модальный) отбор для сохранения типичных для сорта сочетаний количественных признаков и/или генотипической структуры составляющих его биотипов. Поэтому число семенных поколений, особенно у перекрестноопыляющихся культур, выращиваемых в условиях, отличных от тех, в которых создавался сорт и ведется его первичное семеноводство, должно быть ограничено. Кроме того, т.к. посевные показатели семян являются своеобразной «памятью» об условиях внешней среды, в которых выращивали материнские растения, адаптивное размещение посевов товарного семеноводства также имеет первостепенное значение. И, наконец, следует учитывать возможность «вырождения» сортов из-за межсортового скрещивания, потери вертикальной и/или полевой устойчивости к патогенам, высокой частоты спонтанного мутирования некоторых локусов в процессе старения семян, появления так называемых «уклоняющихся форм» у вегетативно размножаемых культур, наличия половых зародышей и эмбрионов в одном семени и т.д. Первостепенная и одновременно наиболее трудная задача состоит в обеспечении связи первичного и товарного семеноводства новых сортов и гибридов. Известно, что высшие репродукции семян производят в питомниках отбора и размножения в течение 5–6 лет. И хотя объемы элиты по каждому сорту определяются его востребованностью рынком, желателен соответствующий предварительный заказ на основе хотя бы краткосрочной оценки (3–5-летнего) рыночного спроса. С этой целью селекцентрам совместно с государственной системой сортоиспытания и семеноводческими фирмами во всех почвенно-климатических зем-

ледельческих зонах целесообразно организовать агроэкологическую и экономическую оценку новых сортов и гибридов, а также учет спроса на них. Сложившийся разрыв между первичным семеноводством и производством семян высоких репродукций – главная причина наводнения семенного рынка России селекционным мусором и зарубежными новинками сомнительной ценности (Жученко, 1973, 1980, 2010).

Селекция ведущий фактор биологизации и экологизации – это наиболее эффективный, централизованный и широко доступное средство повышения величины и качества урожая, обеспечивающее экологическую безопасность и надежность функционирования агроэкосистем, рост их ресурсоэнергоэкономичности и рентабельности. При этом селекция – ведущий фактор интенсификационных процессов в растениеводстве, которой принадлежит главная роль в расширении ареала не только биологически возможного, но и экономически оправданного возделывания важнейших сельскохозяйственных культур. Кроме того, сорт (гибрид) выступает в качестве важнейшего рентообразующего фактора, «озвучивающего» в цене величину, качество и сроки поступления урожая (позволяя наилучшим образом «улавливать» рентные различия между почвой, климатом, месторасположением участка и уровнем агрокультуры) (Жученко, 1973, 1980, 2010).

Системы адаптивной селекции и семеноводства – должны базироваться на использовании многоэшелонированного сортового и семенного потенциала, формируемого за счет подбора культур и сортов-взаимострахователей (обладающих разной скороспелостью, засухоустойчивостью, отзывчивостью на техногенные факторы, толерантностью к различным расам патогенов и вредителям) и ориентированного на биокомпенсацию «капризов» климата и погоды, конъюнктуры рынка, а также других непрогнозируемых обстоятельств (Жученко, 1980, 2010).

Средоулучшающие функции растений – важно изучение не только продукционных, но и средоулучшающих функций растений, а также биоэнергетическую «цену» их реализации. Показаны многочисленные возможности и механизмы средоулучшения в растениеводстве. Так, зернобобовые культуры обладают уникальной способностью к биологической фиксации атмосферного азота, накапливая в зависимости от вида от 60 до 350–400 кг азота на 1 га. Именно с

помощью растений удается защитить почву от водной и ветровой эрозии, а также обеспечить ежегодное накопление органической массы (при этом ведущей среди зерновых культур является озимая рожь – до 60 ц/га органики). В числе средоулучшающих возможностей растений – рассоление и раскисление почвы, улучшение ее физико-химического состава и структуры, перевод труднодоступных элементов минерального питания растений в доступные и поднятие их из подпочвы в пахотный горизонт, улучшение его механического состава, фитосанитарного состояния и т.д. Отметим средообразующую, в т.ч. и средоулучшающую роль культивируемых растений на уровне агрофитоценозов, агроэкосистем и агроландшафтов, занимающих в настоящее время 37 % суши Земли и играющих планетарную роль в поддержании биологического и экологического равновесия всей биосферы (влияя на концентрацию в атмосфере CO_2, O_2, N и других составляющих). В последние десятилетия средоулучшающие возможности растений широко используют путем посадки соответствующих видов деревьев и кустарников в мегаполисах, сохранения лесов, лугов, пастбищ и болот, подбора растений, способных создавать «здоровую среду» в современных закрытых помещениях и т.д. Особое место в перечне средоулучшающих возможностей культивируемых растений занимает способность некоторых видов с большей эффективностью предотвращать накопление в вегетативной массе и, особенно, в урожае вредных веществ (тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов, биотоксинов и пр.) или, наоборот, выносить их в большом количестве (с последующим уничтожением всей такой биомассы) с целью очищения почвы от поллютантов. Используя в качестве сельскохозяйственной продукции ежегодно около 7 млрд т органической массы, что составляет менее 4 % от ежегодно синтезируемой на Земле биомассы, масштабы антропогенного воздействия человека на биосферу в течение всего XX столетия возрастали и в настоящее время достигли критического предела. Причем, как справедливо считают, «разлад человека с природой» начинается прежде всего с сельского хозяйства. Именно об этом свидетельствуют многочисленные данные о разрушении и загрязнении окружающей среды в результате водной и ветровой эрозии почвы, ежегодном уничтожении миллионов гектар лесов и опустынивании ландшафтов, засолении орошаемых земель, проникновении тяжелых металлов и остаточных количеств пе-

стицидов в водоемы и подпочвенные воды, уничтожении видового разнообразия фауны и флоры и т.д. В атмосфере уже обнаружено свыше 3 тыс. химических веществ антропогенного происхождения, включая озон, двуокись серы, окислы азота, углеводороды, фтористый водород и др., а примерно 80% повреждений растительности связано с загрязнением окружающей среды озоном (Маркс, 1975). Причем токсичность разных газов зависит не только от свойств самих элементов или их соединений, но и специфической устойчивости к ним культивируемых видов и сортов растений, что и позволяет вести соответствующую селекцию на предотвращение атмосферной токсичности. Выявлены также существенные различия по устойчивости культивируемых видов и сортов растений к почвенным загрязнителям (Жученко, 1980; Климашевский, 1991; Кильчевский, 1993). По характеру реакции на содержание в почве тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и других токсичных веществ различают виды и сорта накопители, фильтры (исключители) и индикаторы. Реальная смена биоэнергетических, экологических и социально-экономических парадигм в сельском хозяйстве XXI столетия, адаптивное «встраивание» его в биосферу и стратегию выживания человечества с его новой системой ценностей (*sustainable development*), право людей на здоровый образ жизни в гармонии с природой (качество пищи, качество среды обитания, качество жизни), неизбежно связаны с признанием иных представлений о «качестве жизни и среды обитания», базирующихся на несостоятельности главной догмы развития сельского хозяйства XX в., в соответствии с которой «законы природы чужды интересам человека» (Булгаков, 1900). При этом вся система сельскохозяйственного природопользования, в т.ч. стратегия и принципы перехода к адаптивной интенсификации АПК, должны органично соответствовать естественно-научным законам развития природы и общества, выступающим в качестве основы формирования рыночных механизмов экономики, регуляторных функций государства, а также биосферо- и ландшафтосовместимости агроэкосистем. Важную роль будет играть и психологическая адаптация самого земледельца (как, кстати, и всего населения) к адаптивной стратегии природопользования. Вот почему важно использовать эволюционно-аналоговый подход к конструированию агроэкосистем и агроландшафтов, поскольку изменения погодно-климатических условий могут иметь для растениеводства и

сельского хозяйства в целом не только неблагоприятные, но и положительные последствия. В этой связи необходимо обеспечить как бóльшую фотосинтетическую производительность агрофитоценозов и агроэкосистем (за счет горизонтальной и/или вертикальной многоярусности фотосинтезирующей и корневой системы), так и формирование их биоценотической среды, включая адаптивную «сепарацию» составляющих гетерогенных популяций, процессы коэволюции и/или дивергенции, установление симбиотических, конкурентных и других взаимодействий и т.д. (Жученко, 2010).

***Status quo* или консерватизм генофонда каждого вида** – качественно и количественно поддерживается большим числом механизмов, включая ограничения мутационной и рекомбинационной изменчивости, межвидовую несовместимость, стерильность межвидовых гибридов, элиминацию мутантных и рекомбинантных гамет и зигот, образование коадаптированных блоков генов, сохраняющих свою целостность как «эволюционную память» генома в большом ряду поколений и т.д. И хотя значение таких механизмов и структур весьма относительно в эволюционном масштабе времени, оно существенно в селекции, особенно упреждающей (преадаптивной), когда на создание новых сортов и гибридов растений отводятся годы и в лучшем случае 1–2 десятилетия. А это означает, что наряду с первичными центрами многообразия диких и культурных видов растений, большой интерес представляют и вторичные центры их происхождения. Немалую, но лишь вспомогательную роль в этом могут сыграть и эколого-географическая селекционная сеть, являющаяся как бы местом микроэволюции цветковых растений, в т.ч. формирования популяций с горизонтальной устойчивостью к патогенам и местным абиотическим стрессорам (Жученко, 2010).

Стратегия и принципы конструирования адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов – должна совпадать с эволюционной стратегией формирования естественных фитоценозов, базирующейся на «умножении» числа видов растений и их «экологической специализации». При этом важно реализовать принцип иерархической устойчивости биологических систем, в соответствии с которым устойчивость на каждом из составляющих ее уровней (индивидуальном, популяционном, видовом, биоценотическом и экосистемном) зависит от адаптивности, а также особенностей «эволюционной» памяти иерархически выше расположенных структур. При

конструировании агробиогеоценозов и агроэкосистем необходимо также широко использовать механизмы комплементарности (флуктуационной, сезонной, ярусной, функциональной и др.) их биотических компонентов, возделывания культур и сортов-взаимострахователей, средоулучшателей (фитомелиорантов, фитосанитаров, азотонакопитетей, рыхлителей и структурообразователей почвы и др.), а также адаптивных структур и ротаций в севооборотах и т.д. В целом, чем больше функционирует пищевых цепей и трофических связей, тем выше вероятность действия компенсаторных механизмов и структур, обеспечивающих процессы биоценотической саморегуляции (Жученко, 2010).

Требования к преадаптивному растениеводству, селекции и семеноводству – следует существенно изменить принципы и стратегию как государственного сортоиспытания, так и формирования системы семеноводства, положив в их основу создание многоэшелонированных наборов сортов (гибридов) по важнейшим культурам и соответствующих фондов семян, позволяющих усилить погодно-климатическую гибкость, а значит, и преадаптивность всего растениеводства. К сожалению, функционирующая в настоящее время в нашей стране система государственного сортоиспытания не только не способна обеспечить качественно новые требования преадаптивного, но и существующего растениеводства в силу пространственной, временно́й и технологической нерепрезентативности (недостоверности) используемой эколого-географической сортоиспытательной сети. В результате «оазисности» мест испытаний преимущество получают линии с высокой потенциальной продуктивностью, тогда как ее практическая реализация в большинстве земледельческих зон России зависит от устойчивости вновь районированных сортов и гибридов к действию абиотических и биотических стрессоров и уровня агротехники. Вот почему в течение нескольких десятилетий в стране увеличивается межгодовая вариабельность величины и качества урожая, идет «сползание» к позднеспелости посевов (особенно в центральных и северных регионах), их меньшей морозо- и засухоустойчивости, снижению качества продукции (по содержанию белка, незаменимых аминокислот, сахаров, жиров, витаминов, вкусовым показателям) и т.д. Между тем в большинстве стран мира при сортоиспытании в качестве стандартов используют уже достигнутые за счет селекции и агротехники «базисные уровни» экологической

устойчивости (к важнейшим стрессорам) и содержания биологически ценных веществ, снижение которых считается недопустимым (такие формы изначально бракуют). Так, в скандинавских странах давно уже руководствуются принципом: сохранить достигнутую степень адаптации возделываемых сортов и гибридов, но повысить их урожайность, качество и устойчивость к вредным видам. При оценке перспектив развития и финансирования селекционно-семеноводческих программ в долговременной перспективе следует учитывать геополитическое и географическое положение России, требующее всемерного укрепления ее продовольственной, а следовательно, и национальной безопасности (Жученко, 2010).

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров – контролируется разными системами генов (моногенными и полигенными), а между ними в интегрированной системе онтогенетической адаптации могут существовать как отрицательные, так и положительные коррелятивные связи. При этом пораженные вредными видами (болезнями, насекомыми, сорняками и др.) культурные растения и агроценозы оказываются менее устойчивыми к действию большинства абиотических стрессоров (морозам, засухам, ионной токсичности и пр.), а ослабленные под действием последних растения с большей частотой становятся «жертвами» вредной фауны и флоры. Причем снижение устойчивости культивируемых видов и сортов (гибридов) растений к одному из абиотических стрессоров обычно уменьшает их устойчивость и к другим неблагоприятным факторам внешней среды. Важно также учитывать, что генетически однородные агробиоценозы, как правило, экологически более уязвимы, тогда как гетерогенные популяции, многолинейные сорта, смешанные на видовом и сортовом уровнях экосистемы проявляют не только лучшую экологическую устойчивость, но и обеспечивают бóльшую величину и качество урожая. Значительные площади посевов генетически однотипных сортов и гибридов даже в тех случаях, когда они обладают вертикальной (расоспецифичной) устойчивостью к тому или иному патогену, создают фон относительно быстрой дифференциации его гетерогенных популяций и в конечном счете приводят к появлению новых, зачастую более вредоносных рас и штаммов. Именно с массовым использованием генетически однородных сортов и гибридов связано проявление эпифитотий и даже панфитотий. В 1949–1953 гг. опу-

стошительные эпифитотии листовой ржавчины пшеницы и овса, а также массовое поражение посевов сорго злаковой тлей стали причиной потери в США 30–40% урожая этих культур. В 1968–1970 гг. широкое возделывание гибридов F1 кукурузы, полученных на основе материнских линий ЦМС (что значительно облегчало производство гибридных семян), стало причиной массового поражения этой культуры гельминтоспориозом, потери 50–70% урожая и многомиллиардных убытков. Только после целой серии эпифитотий в Министерстве сельского хозяйства США был создан специальный комитет, в задачи которого входит предотвращение повсеместного распространения генетически однородных сортов и гибридов, резко усиливающего как абиотическую, так и биотическую уязвимость основных сельскохозяйственных культур (Жученко, 2010).

Формирование ошибочных научных приоритетов – свойство повторяться вновь, о чем свидетельствуют современные противопоставления дискретных подходов в генетике, геномике, протеомике и молекулярной биологии – системным. Очевидно, что при всех громадных возможностях молекулярной генетики и биологии за их пределами остается не реализованной востребованность знаний о генетической природе адаптивного потенциала культурных растений, формируемого на индивидуальном, видовом, популяционно-экотипическом, сортовом, агроценотическом, агроэкосистемном, агроландшафтном и даже биосферном уровнях в процессах мобилизации соответствующего генофонда, селекции и семеноводства, конструирования адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов, агроэкологического макро-, мезо- и микрорайонирования – с целью обеспечения роста потенциальной продуктивности, экологической устойчивости и средоулучшающих функций агроэкосистем, а также ресурсосбережения, экологической безопасности, природоохранности и рентабельности всей системы сельскохозяйственного природопользования и стратегии его адаптивной интенсификации. Очевидно, что такой «всепроникаемостью» в самые актуальные проблемы обеспечения продовольственной и экологической безопасности дискретные подходы в биологии, как, впрочем, и предлагаемые эклектичные варианты «экологической генетики», не обладают (Жученко, 2010).

Эволюционная «память» о среде обитания – понимание значения и механизма формирования «онтогенетической» и «эволюци-

онной» памяти диких, сорных и культурных видов растений позволяет при организации их сбора, хранения, изучения и использования исходить из того, что генофонд высших эукариот – это весьма динамичная система, формирование и состояние которой сопровождается не только гибелью (исчезновением) многих видов в процессе естественного и искусственного отбора, давление и направленность которых меняется как на длительных, так и коротких этапах эволюции, но и постоянными изменениями адаптивного потенциала, обусловливаемого особенностями генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации, а также их взаимодействия у сохранившихся видов и экотипов. При этом в результате мутаций изменяются как отдельные гены, так и их коадаптированные блоки, обычно реже всего затрагиваемые рекомбинационным процессом и сохраняющие свое постоянство в течение длительных промежутков времени. Однако имеются существенные различия между перекрестноопыляемыми и самоопыляемыми видами растений: если первые способны приспособиться к новым условиям внешней среды за счет большей генотипической изменчивости, особенно при интрогрессивной гибридизации, то вторые сохраняют однажды достигнутую онтогенетическую приспособленность в течение более длительного периода. Системный подход экологической генетики культурных растений к оценке их адаптивного потенциала свидетельствует о том, что основная роль полового размножения у цветковых растений состоит не только и даже не столько в обеспечении онтогенетической адаптации (особенно на «критических» этапах вегетации), сколько в воспроизведении и рекомбинационном преобразовании генетической информации в филогенезе каждого вида, в т.ч. создании и воспроизводстве адаптивных генотипов. Поскольку низкая частота хиазм и кроссоверов коррелирует с перекрестным опылением, а высокая – с самоопылением, для самоопыляющихся видов характерна более частая рекомбинация, в т.ч. затрагивающая блоки коадаптированных генов, тогда как у аутбридинговых видов высвобождается лишь небольшая часть потенциальной генотипической изменчивости. При этом и у самоопыляющихся видов растений имеются разные механизмы скрещивания, что подтверждено на пшенице, ячмене и других культурах (Сорокин, 1939; Бахтеев, 1955 и др.). Показано, например, что даже партеногенез не является абсолютным барьером при перекрестном скрещивании (Мэйнард Смит,

1983), а у разных сортов *Vicia faba* возможно проследить переход от самоопыления к инбридингу. Большое число данных свидетельствует также о том, что в стрессовых ситуациях самоопыление сменяется перекрестным опылением и наоборот. Так, соотношение полов у двудомного шпината (*Spinacia oleracea*) может изменяться под влиянием интенсивности освещения, длины дня, температуры, плодородия почвы, засухи, поражения болезнями и вредителями (Фримэн и др., 1980). Причем репродуктивная стратегия у однолетних цветковых растений подвергается значительно большим изменениям, чем у многолетних. Описаны многочисленные случаи превращения многолетников в однолетники при их окультуривании (Попов, 1940; Купцов, 1952 и др.). В то же время многие исследователи отмечают значительную стабильность генеративных органов растений как в процессе их окультуривания, так и при изменении условий внешней среды (Жученко, 1980, 2010).

«Эволюционный танец» в системе «хозяин-паразит-среда» – оценивая прошлое, настоящее и особенно будущее возможностей химической защиты техногенно интенсивных агроценозов, необходимо, в первую очередь, знать особенности «эволюционного танца» в системе «хозяин – паразит – среда» соответствующих генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации (Жученко, 1980, 1988, 2001, 2004). При этом речь идет о конкуренции за выживание не только между генетическими системами онтогенетической, но и популяционной (филогенетической) адаптации. Известно, что возможности приспособления к варьирующим условиям внешней среды за счет модификационной изменчивости, у культурных растений в условиях «цеха под открытым небом» весьма ограничены. Онтогенетическая приспособленность вредных видов также (хотя и в меньшей степени) зависит от погодно-климатических условий, однако благодаря несравненно большему исходному генотипическому разнообразию, они имеют возможность лучше и быстрее приспосабливаться как к абиотическим, так и биотическим условиям своего существования. Более того, если в основе адаптивно значимой генотипической изменчивости цветковых растений лежит мейотическая рекомбинация, то у вредных видов (особенно микроорганизмов) наследственная вариабельность существенно возрастает и благодаря мутациям. Вот почему на протяжении всей истории использования всевозрастающего количества и ассортимента (их более

300 тыс.) пестицидов, химики, их синтезирующие, могли добиться лишь временных успехов. Причем эти проигранные «битвы» с вредными видами практически повсеместно сопровождались загрязнением окружающей среды, крайне опасным для здоровья и качества жизни человека. Типичным примером этого может служить применение ДДТ (за создание которого Мёллер в 1940 г. получил Нобелевскую премию), обладающего канцерогенным действием и остатки которого до настоящего времени обнаруживают даже во льдах Антарктиды. Если учесть, что более 100 тысяч вредных видов способны потенциально поражать агроэкосистемы и агроландшафты, то дальнейшее увеличение масштабов химической борьбы с ними не только будет каждый раз заканчиваться «пирровой победой», но, загрязняя и разрушая экологическое равновесие биосферы, станет способствовать все большему обострению фитосанитарной ситуации в отечественном и мировом сельском хозяйстве. А это все, в свою очередь, означает, что в предстоящий период должен быть осуществлен переход к адаптивно-интегрированной системе защиты агрофитоценозов на основе управления динамикой численности популяций полезной и вредной фауны и флоры, снижая при этом негативные последствия «пестицидного бумеранга» и «эволюционного танца» в системе «хозяин – паразит – среда».

Экологическая генетика – наука, в которой в качестве главного предмета исследований используется генетическая природа и механизмы формирования адаптивных реакций культурных растений в онто- и филогенезе в их взаимосвязи. Адаптивный потенциал высших эукариот является функцией их генетических программ онтогенетической и филогенетической адаптации к условиям окружающей среды. При изучении особенностей онтогенетической адаптации культурных растений к факторам абиотической и биотической среды, а также образования блоков коадаптированных генов, углубление соответствующих представлений в рамках экологической генетики, было увязано с ролью мейотической рекомбинации, благодаря которой и возникает указанный интегрированный комплекс генов, обусловливающий существенное повышение адаптации их носителя. Одновременно при изучении основного предмета исследований (адаптивного потенциала) и составляющих его систем (онтогенетической и филогенетической адаптации) ставится задача получения качественно новых и в то же время практически значимых

данных. Наибольший интерес в связи с этим представляет выяснение возможных эффектов функционального взаимодействия генетических систем, контролирующих модификационную и генотипическую изменчивость растений. С целью увеличения доступной отбору генотипической изменчивости и с учетом особенностей постмейотической элиминации рекомбинантных гамет и зигот, в генетических исследованиях и в селекции растений наиболее часто и эффективно применяют разнообразные методы и подходы, становление которых во многом связано с формированием экологической генетики культурных растений как самостоятельной научной дисциплины. К числу особенностей экологической генетики культурных растений следует отнести не только выделение и структуризацию в их программе адаптивного потенциала систем филогенетической, но и онтогенетической адаптации. Известно, что «генов урожайности» не существует и их поиск ничем не обоснован. И все же этот чрезвычайно сложный признак, например, у растения томата (как, впрочем, и у других) можно расчленить на основные составляющие – число кистей и плодов, средний вес плода и размер его локул и т.д., с последующим установлением генетической природы каждого из них. Аналогично невозможно провести генетический анализ и скороспелости растений без выделения этапов от посева – всходов – цветения – завязывания – созревания. Разумеется, в каждой из этих ситуаций речь, как правило, идет о количественных характеристиках, составляющих сложные признаки, а следовательно, и об одной из наиболее дискутируемых проблем во всех самостоятельных направлениях генетики, изучающих генетическую природу на организменном, популяционном, видовом, экосистемном и даже биосферном уровнях. В целом, в системе экологической генетики культурных растений наряду с эволюционными важное место занимают биоэнергетические и экологические подходы. 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 и их взаимосвязи. Такой подход обусловлен, в первую очередь, двойной природой самого процесса адаптации, достигаемой организмами за счет их модификационной и/или генотипической изменчивости. Такая функциональная струк-

туризация адаптивного потенциала уходит своими корнями к работам Дарвина, Бауэра, Дарлингтона, Лайзера и других. Заметим, что если еще в XIX столетии проблема адаптации была центральной в биологии и синтетической теории эволюции, то в настоящее время она стала таковой и в экономике, технике, политике и пр. В основу систематизации и анализа громадных массивов информации, накопленных в сфере биологических исследований адаптивного потенциала высших эукариот, в т.ч. культурных растений, нами положен дискретно-системный подход, позволяющий вначале функционально структурировать эту систему на составляющие компоненты, а затем в результате анализа особенностей реализации каждого из них 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). Значение эволюционно-генетического, экологического и биоэнергетического подходов особенно велико в формировании агробиоценотической генетики как одного из важнейших разделов экологической генетики культурных растений. Накопленная информация о генетической природе онтогенетических и филогенетических адаптивных реакций на надорганизменных уровнях (популяционном, биоценотическом, экосистемном, ландшафтном и даже биосферном) достаточно велика. Неслучайно все большее развитие получают исследования в области ауто- и синэкологической генетики популяций, фитоценотической и симбиотической генетики и селекции культивируемых растений. Экологическая генетика культурных растений не только имеет право на существование в качестве самостоятельной научной дисциплины, но и занимает центральное место в превращении громадных массивов информации о структуре и функциях генов в «пищевые калории», недостаточное количество которых в условиях демографического «взрыва» ставит под сомнение возможность существования современной цивилизации в долговременной перспективе. На актуальность и даже первостепенную важность этой проблемы еще в 1966 г. обратил внимание Дж. Брюбейкер в главе «исчезающий бифштекс» своей монографии «Сельскохозяйственная генетика». «Более половины населения нашей плодородной Земли, – писал он, – имеет слишком мало пищи, и даже очень глубокое знание гена дает небольшое утешение голодным людям, пока оно не выра-

жается в калориях». На то, что «далеко не все благополучно в нашей генетике» обращал внимание и выдающийся ученый XX столетия академик Н.П. Дубинин («Генетика – страницы истории», Кишинев, 1988) (Жученко, 1980, 2010).

Энергетическая «цена» каждой дополнительной пищевой калории – всевозрастающая «цена» каждой дополнительной пищевой калории оказывается своеобразной «платой» за разрушение биологического равновесия в агроэкосистемах, в основе которого лежат генетическая однородность культивируемых растений на видовом, популяционном и организменном уровнях, а также изменение структуры подсистем агробиоценоза вследствие широкого использования удобрений и пестицидов.

В стратегии обеспечения роста продуктивности агроэкосистем, ориентированной на более эффективную утилизацию естественных энергоресурсов, первостепенное внимание должно быть уделено наиболее рациональному использованию почвенно-климатических условий в каждой из зон возделывания сельскохозяйственных растений, а также выбору оптимального типа организации агроэкосистемы (Жученко, 1980). И все же наиболее важная и трудная задача селекции и агротехники – преодоление или хотя бы снижение экспоненциального роста затрат исчерпаемых ресурсов энергии на каждую дополнительную единицу урожая, в т.ч. и пищевую калорию. Именно это обстоятельство и определяет парадоксальность сложившейся к началу XXI столетия ситуации в растениеводстве, суть которой состоит в том, что отрасль, базирующаяся на использовании самых энергоэкономных организмов – пойкилотермных растений, «питающихся» за счет неограниченных и экологически безопасных ресурсов Солнца и атмосферы (CO_2, N, O_2), оказалась в числе наиболее ресурсоэнергорасточительных и природоопасных. Так, удвоение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур требует десятикратного увеличения затрат исчерпаемых ресурсов, в т.ч. 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 химико-техногенной его интенсификации – лишь 2–4, т.е. в 10–20 раз меньше. В целом же, каждое последующее преодоление уже достигнутого наибольшего уровня урожайности и валового сбора при использовании даже «лучших» земель становит-

ся энергетически все более дорогостоящим и экологически уязвимым. Причем, чем хуже почвенно-климатические и погодные условия, тем «цена» дополнительной прибавки урожая возрастает, а коэффициент использования минеральных удобрений, мелиорантов и других химико-техногенных средств интенсификации уменьшается, особенно по мере увеличения доз их применения. Одновременно повышаются и масштабы загрязнения окружающей среды. В этой связи все большее внимание должно быть уделено способности культивируемых растений с большей эффективностью использовать не только антропогенные ресурсы (КРЭ и КЭЭ), но и труднодоступные запасы минеральных веществ и влаги в почве. Заметим, что лишь три элемента – углерод, водород и кислород – составляют 98,5 % веса живых организмов, а более 95 % сухого вещества растения является, по существу, аккумулированной в процессе фотосинтеза энергией Солнца. Считается, что для синтеза 1 г сухого вещества растения используют в среднем 1,5 г CO_2, получаемых из 2,5 $м^3$ воздуха (Pal, 1973). Ежегодно синтезируемая биомасса составляет 180–200 млрд. т, из которой в качестве сельскохозяйственной продукции используется менее 4 %. И то обстоятельство, что растениеводство оказалось энергорасточительным (экспоненциальный рост затрат ископаемой энергии на каждую дополнительную единицу урожая) и наиболее природоопасным (водная и ветровая эрозия земель, разрушение естественных ландшафтов и нарушение водного режима рек, загрязнение окружающей среды остатками пестицидов, нитрозаминами и т.д.) не только в локальном, но и в глобальном масштабе противоречит как естественнонаучным законам, так и здравому смыслу. В то же время биоэнергетический анализ свидетельствует, что в энергобалансе формирования урожая даже наиболее техногенно-интенсивных агроэкосистем на долю энергии Солнца приходится свыше 99 %. Поэтому истинный смысл применения химико-техно-генных факторов (удобрений, мелиорантов, пестицидов, орошения и др.) состоит вовсе не в замене ими фотосинтеза, дыхания и других, свободно протекающих в растениях, в почве и агробиогеоценозе процессов, а в управлении с помощью малых потоков антропогенной энергии максимальной утилизации агрофитоценозами энергии Солнца, а также их пищевыми цепями и трофическими уровнями (Жученко и др., 1983, 2010).

Эпигенез – эпигенетические взаимодействия генетически детерминированы их обычно не удается предсказать, поскольку соответствующие эффекты не только отражают сущность интегрированности адаптивных реакций на уровне целостной системы растения (отвергая представление о ней как «мешке с горошинами-генами» и «реестре признаков»), но и влияют на направление и напряженность «внутреннего» отбора мутаций и рекомбинаций (на всех этапах мейоза и постмейоза), обусловливая существенную неслучайность доступной отбору генотипической изменчивости. При этом различают внешний и «внутренний» стабилизирующий отбор (Уоддингтон, 1957), контролируемый наряду с генами-регуляторами не столько факторами внешней среды, сколько онтогенетической средой самого индивида (растения). В связи с эффектами эпигенеза выделяют группу генов, влияющую на общую морфологию организма. Например, у растений широко известны карликовые мутанты, способные подавлять особенности экспрессии большинства других генов (Жученко, 1973). Бачмэн (1983) предполагает существование способного к диффузии морфогена (morphogen), эффект действия которого – эпигенетический. По мнению Кефели (1984), в отличие от этапа дифференциации клеток на ранних стадиях их образования, эпигенетическая программа реализации фенотипа растений не определена и существует возможность переключения клеток в различные устойчивые состояния (Жученко, 1973, 1980, 1988, 2004).

Литература

1. Жученко А. А. Генетика томатов / МСХ МССР. Молд. НИИ орошаемого земледелия и овощеводства. Кишинев: Штиинца, 1973. 63 с.

2. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация рекомбиногенез, агробиоценоз). Кишинев: Штиинца, 1980. 587 с.

3. Жученко А. А. Рекомбинация в эволюции и селекции / Соавт. А.Б. Король; АН МССР. Ин-т экол. генетики. М.: Наука, 1985. 400 с.

4. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений: Экол.-генет. основы / АН МССР. Ин-т экол. генетики. Кишинев: Штиинца, 1988. 767 с.

5. Жученко А. А. Эколого-генетические основы селекции томатов / Соавт.: Н.Н. Балашова и др.; АН МССР. Ин-т экол. генетики. Кишинев: Штиинца, 1988. 430 с.

6. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство: эколого-генетические основы / АН ССР Молдова. Ин-т экол. генетики. Кишинев: Штиинца, 1990. 432 с.

7. Жученко А. А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI в. — Саратов: ООО «Новая газета», 2000. 275 с.

8. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): В 2 т. М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1. 780 с; Т. 2. 785 с.

9. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России: теория и практика. М.: ООО Изд-во Агрорус, 2004. 1109 с.

10. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика): в 2 т. М.: ООО Изд-во Агрорус, 2004. Т. 1. 690 с.; Т. 2. 466 с.

11. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство эколого-генетические основы. Теория и практика: в 3 т. М.: ООО Изд-во Агрорус, 2008–2009. Т. 1. 2008. 813 с.; Т. 2.- 2009. 1104 с.; Т. 3. 2009. 960 с.

12. Жученко А. А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии (эколого-генетические основы). Теория и практика. М.: Агрорус, 2010. 1053 с.

13. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина: теория и практика. Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. 430 с.

14. Жученко А. А. Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. М.: Институт общей генетики РАН им. Н. И. Вавилова, 2012. 581 с.

15. Жученко А. А. Роль мобилизации генетических ресурсов цветковых растений, их идентификации и систематизации в формировании адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов. Саратов: ГНУ НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, 2012. 527 с.

GLOSSARY OF BASIC TERMS AND PROVISIONS ON ENVIRNMENTAL GENETICS ACADEMICIAN A.A. ZHUCHENKO

A. A. Zhuchenko, Jr.

Summary: Since the 19th century, the problem of adaptation of living systems has become central to biological research. The «all-pervasiveness» and «omnipotence» of adaptation in the evolution of the biosphere as a whole and for each of its constituent biotic components has always been emphasized. Recognizing the primordial role of mutations, academician A. A. Zhuchenko first in the world founded ecological genetics, evolution and breeding of the main factor of adaptive significant genotypic variation in flowering plants has allocated meiotic recombination.

Key words: *adaptation, ecology, genetics, recombination, selection, genetic resources.*

ФОТОГАЛЕРЕЯ

Фото 1. Выступление *Евгения Степановича Савченко* – Губернатора Белгородской области, член-корреспондента РАН на открытии Жученковских чтений IV.

Фото 2. Слева направо: член-корреспондент РАН *Анатолий Иванович Грабовец*; академики РАН: *Василий Алексеевич Сысуев; Михаил Сергеевич Соколов; Сергей Степанович Санин; Владимир Михайлович Косолапов; Анатолий Алексеевич Гончаренко*.

Фото 3. Пленарное заседание конференции. Зал Ученого Совета НИУ «БелГУ».

Фото 4. Пленарное заседание (слева направо): четвертая – академик РАН *Людмила Андреевна Беспалова;* шестой – *Станислав Николаевич Алейник* – заместитель Губернатора области – начальник департамента агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды, кандидат сельскохозяйственных наук.

Фото 5. Академики РАН на Пленарном заседании.

Фото 6. Пленарное заседание. В первом ряду (слева направо): второй – *Владимир Николаевич Сорокопудов, доктор сельскохозяйственных наук;* далее *Татьяна Александровна Рожмина, доктор биологических наук; Лариса Николаевна Павлова кандидат сельскохозяйственных наук; Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова, доктор биологических наук.*

Фото 7. Беседа ректора НИУ «БелГУ», доктора политических наук, профессора *Олега Николаевича Полухина* с участниками конференции.

Фото 8. Академик РАН *Гончаров Николай Петрович* высаживает сирень сорта *Найт.*

Фото 9. Круглый стол конференции в НОЦ «Ботанический сад НИУ «БелГУ». Докладчик *Владимир Иванович Чернявских – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник*.

Фото 10. Академик РАН *Александр Александрович Жученко* высаживает сирень сорта *Кларкс Джайант*.

Фото 11. Академик РАН Анатолий Алексеевич Гончаренко высаживает сирень сорта *Лемуан*.

Фото 12. Доктор сельскохозяйственных наук *Сорокопудов Владимир Николаевич* высаживает сирень сорта *Рустика*

1 страница обложки:

- ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»). Главный корпус;
- общая фотография участников конференции.

2 страница обложки:
Природно-ландшафтный комплекс «Ботанический сад НИУ «БелГУ»

На форзацах: природно-ландшафтный комплекс «Ботанический сад НИУ «БелГУ»

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ
(ЖУЧЕНКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ IV)
ЧАСТЬ I

Сборник научных трудов
Международной научно-практической конференции
24–26 сентября 2018 г.

Публикуется в авторской редакции

Оригинал-макет: А.Н. Оберемок
Обложка: Н.М. Сысоева
Выпускающий редактор: Л.П. Котенко

Подписано в печать 06.11.2018. Формат 60×90/16
Гарнитура Times New Roman. Усл. п. л. 15,6. Тираж 500 экз. Заказ 304
Оригинал-макет подготовлен и тиражирован в ИД «Белгород» НИУ «БелГУ»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48