

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ (ЖУЧЕНКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ VI)

Сборник научных трудов
Международной научно-практической конференции

25 сентября 2020



Краснодар
КубГАУ
2021



Александр Александрович Жученко
25.09.1935–1.06.2013

Российский ученый, основатель экологической генетики культурных растений и агроэкологии, академик РАН, академик АН Молдавской ССР, академик аграрной академии Республики Беларусь, академик Сельскохозяйственной академии ГДР, вице-президент Вавиловского общества генетиков и селекционеров, доктор биологических наук, профессор

УДК 581.5:575
ББК 41.28+41.31
С56

Редакционная коллегия:

А. А. Жученко, И. М. Донник, Ю. Ф. Лачуга, В. И. Кашин,
В. М. Косолапов, А. И. Трубилин, А. П. Глинушкин, И. М. Куликов,
Р. В. Некрасов, В. А. Сысуев, Б. И. Сандухадзе, А. А. Гончаренко,
Е. М. Харитонов, А. Г. Коцаев, Ю. В. Плугатарь, Н. И. Кашеваров

ответственный за выпуск – А. Г. Коцаев

С56 **Теория и практика адаптивной селекции растений**
(Жученковские чтения VI) : сб. науч. трудов по материалам Межд.
научн.-практ. конф. / отв. за вып. А. Г. Коцаев. – Краснодар : КубГАУ,
2021. – 215 с

ISBN 978-5-907430-50-1

Сборник составлен на основе материалов, предоставленных участниками Международной научно-практической конференции «Теория и практика адаптивной селекции растений» (Жученковские чтения VI), отражающих результаты последних достижений ученых в фундаментальных и прикладных областях современной биологии: технологизация фундаментальных знаний по адаптации, приоритетные направления биологии и медицины в области адаптации, исследования адаптивного потенциала высших организмов в современном мире. Издание адресовано научным работникам, аспирантам, студентам и специалистам в области биологии, медицины и сельского хозяйства.

УДК 581.5:575
ББК 41.28+41.31

ISBN 978-5-907430-50-1

© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2021



В мировой науке академик А. А. Жученко впервые провел системный анализ адаптивного потенциала культурных растений, создал первую частную генетику растений и основал новую науку экологическую генетику, которая изучает эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений и адаптивного растениеводства, а также стратегию адаптивной интенсификации сельского хозяйства. Фундаментальные исследования академика А. А. Жученко в области частной и экологической генетики культурных растений, рекомбиногенеза, биомониторинга, агроэкологии, селекции, сортоиспытания и семеноводства растений, а также стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства получили мировое признание. Ученым России и зарубежных стран А. А. Жученко широко известен как видный ученый-биолог, который создал школу по экологической генетике (под его руководством защищено 61 докторских и кандидатских диссертаций), им опубликовано 665 научных работ, в т.ч. 25 монографий, получивших высокую мировую оценку ученых (см. рецензии на труды А.А.Жученко: Gidner T., *Biologia plantarum*, 1982, Vol.24, N6. P.406; Robbelen G., *Z.für.Pflanzenzucht*. 1983. Bd 91, N1, S.86; Grebenshikov I., *Biol.Zentralblatt*. 1984. Bd 103, N4, S.103; см. публикации о А.А.Жученко: Rich V. Scientists take share of blame for this year, a poor Soviet harvest, *Nature: intern. Weekly j. sci.* 1987. Vol.329, N 6138. P.382; Zhuchenko Alexander, *Who is Who in the world: 9th edition 1989-1990*. Wilmette (USA), 1990. Zhuchenko Alexander Alexandrovich, *Intern. Biogr. Centre: men of achievement*. Cambridge, 1991, Scientific and research priorities of academician A.A.Zhuchenko, *Journal of ASM. Life Sciences*, 2015 и многие другие).

Мировой научный приоритет академика А. А. Жученко принадлежит в развитии частной генетики культурных растений на основе получения первых обширных многолетних экспериментальных данных комплексного изучения рода *Lycopersicon Tomn.*, включая эволюцию, систематику, физиологию, эмбриологию, цитологию, математику, изучение мировых коллекций по урожайным, морфологическим, физиологическим и цитологическим признакам, создание линий, форм, мутантов, многомаркерных мутантов, сортов, сортовой генеалогии, агротехники, гетерозисных гибридов, методологической базы в оценке частоты рекомбинаций, комбинационной способности, построении генетических и цитологических карт, совершенствовании вегетационных опытов, систем сортоиспытания и семеноводства, новых математических и статистических методов в растениеводстве и др.. Монография «Генетика томатов» (1973) стала одной из первых частных генетик культурных растений в мировой литературе, где впервые удалось раскрыть важнейшие генетические особенности модельного объекта томата как в общей генетике, так и в частной генетике при решении селекционно-семеноводческих и агротехнических задач.

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 и др., полученных в созданном им первом в мире институте Экологической генетики и на обобщающих материалах по адаптации, агробиоценологии и экологии. В книге впервые рассматривается адаптивный потенциал культурных растений как функция взаимосвязи генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации. Рассмотрена устойчивость растений к абиотическим и биотическим стрессам, образование доступной генотипической изменчивости (на примере функционирования рекомбинационной системы), раскрыты взаимосвязь потенциальной продуктивности и экологической устойчивости на уровне сорта, агроценоза и агросистемы, а также преобразующая роль растений и агроценозов, разработана методология расширения уровня и спектра генотипической изменчивости растений за счет индуцированного рекомбиногенеза и снижения селективной элиминации рекомбинантов.

Школе академика РАН Жученко А. А. (1979-1987) принадлежит приоритет широкого практического и фундаментального применения дистанционного контроля за растениями. А. А. Жученко впервые сформулировал роль биомониторинга на уровне растения, популяции и агроландшафта в изучении адаптации в системе «генотип–среда». Впервые был создан проблемно-ориентированный информационно-измерительный комплекс для эколого-генетических и прикладных исследований, разработано приборное оснащение и автоматизация научных экспериментов в биологии, включая аэрофото-и космofотоснимки с одновременным использованием круглосуточных наблюдений за динамикой показателей датчиков, фиксирующих

рост, развитие растений, фотосинтез, транспирацию, водопотребление и формирование урожая разных культур и сортов в фитотронах и на полях. В результате, школа академика А. А. Жученко получила высшую оценку Президиума РАН. Впервые в мире было показано, что получить надежные сравнительные характеристики проявления и перераспределения адаптивно значимых и хозяйственно ценных количественных признаков у разных видов, сортов, гибридов и форм растений возможно только на основе одновременного и многопараметрового съема соответствующей информации в проблемно-ориентированных модулях, позволяющих не только регулировать параметры температуры, влажности, освещенности и минерального питания в заданных пределах, но и проводить оценку динамики изменения основных адаптивных реакций и их взаимосвязей. Данные научно-экспериментальная база по предложению академика Б. Е. Патона стала Всесоюзным центром биологических исследований в системе РАН.

В 80-е годы XX столетия школой А. А. Жученко впервые была оценена проблема всевозрастающей «цены» каждой дополнительной пищевой калории, где 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 агроэкосистеме, в основе чего 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. В данной работе дан анализ стратегии обеспечения роста продуктивности агроэкосистем, ориентированной на более эффективную утилизацию естественных энергоресурсов, где 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. При этом, наиболее важная и трудная задача селекции и агротехники заключается в преодолении или хотя бы снижении экспоненциального роста затрат исчерпаемых ресурсов энергии на каждую дополнительную единицу урожая, в 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 ат-

моосферы (CO_2 , N, O_2), оказалась в числе наиболее ресурсоэнергорасточительных и природоопасных. Поэтому А. А. Жученко делает вывод, что 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 агробиогеоценозах процессов, а в управлении с помощью малых потоков антропогенной энергии максимальной утилизации агрофитоценозами энергии Солнца, а также их пищевыми цепями и трофическими уровнями.

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

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 в их взаимосвязи. Такой подход А. А. Жученко обусловлен, в первую очередь, двойной природой самого процесса адаптации, достигаемой организмами за счет модификационной и генотипической изменчивости. Такая функциональная структуризация 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. Фундаментальные исследования А. А. Жученко защищены 24 авторскими свидетельствами и изложены в уникальных монографиях: «Генетика томатов» (1973); «Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбинация, агробиоценоз)» (1980); «Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы)» (1988); «Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы)» (1990); «Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства» (1994); «Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке» (2000); «Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы)», в двух томах (2001); «Экологическая генетика культурных растений» (2003); «Экологическая генетика культурных растений и проблемы агроосферы (теория и практика)», в двух томах (2004); «Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика)» (2004); «Адаптивное растениеводство (эколого-

генетические основы). Теория и практика», в трех томах (2008, 2009); «Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика» (2010); «Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии (эколого-генетические основы). Теория и практика» в двух томах (2009, 2011); «Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации» (2012); «Роль мобилизации ресурсов цветковых растений, их идентификации и систематизации в формировании адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов» (2012) и другие. Теоретические положения академика Жученко об адаптивном потенциале культурных растений открывают принципиально новые возможности управления их адаптивными реакциями как в онтогенезе (сортовая агротехника, агроэкологическое макро-, мезо-и микрорайонирование сельскохозяйственной территории, конструирование адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов, адаптивно-интегрированная система защиты растений), так и в филогенезе (адаптивная система селекции, обеспечивающая функциональную взаимосвязь этапов создания новых сортов и гибридов, их государственного испытания, организации семеноводства, а также развитие качественно новых направлений селекции (биоценологической, биоэнергетической, симбиотической, эдафической, экологической, дизайно-эстетической и др.).

Стремительно увеличивается число сторонников и единомышленников А. А. Жученко. Его знают и ценят в России и за рубежом все, кто имеет отношение к земле, сельскому хозяйству, биологии, генетике, экологии, все, кому не безразлична судьба человечества нашей планеты Земля. Он стал для нас учителем, которым мы восхищаемся, которого мы любим, за которым мы идем, чьи идеи мы развиваем.

Ирина Михайловна Донник,
доктор биологических наук, профессор,
академик РАН, вице-президент РАН



25 сентября 1935 года родился талантливый исследователь, видный деятель аграрной науки, академик Александр Александрович Жученко. Он внес большой вклад в развитие фундаментальных исследований в области генетики культурных растений, экологической генетики, агроэкологии. Под руководством Александра Александровича созданы научные школы, получили начную степень свыше 60 докторов и кандидатов наук, опубликовано свыше 700 научных трудов.

Академик А. А. Жученко – дальновидный стратег и организатор научных исследований в области агропромышленного комплекса, академик трех Академий наук, вице-президент Вавиловского общества генетиков и селекционеров. Александр Александрович по праву заслужил мировое признание. Ему удалось сформулировать главные эколого-генетические принципы и стратегии адаптивной интенсификации растениеводства. В их числе создание сортов и гибридов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с экологической устойчивостью, конструирование агроэкосистем, агроландшафтов на основе эволюционного аналогового подхода, адаптивное землеустройство, а также применение адаптивной системы защиты растений и, наконец, переход к стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства.

А. А. Жученко знают не только в России, но и за рубежом – все, кому небезразлична судьба нашей страны и Мира. Для многих, в том числе участников конференции, он стал учителем, надежным наставником, которым по праву восхищаются, за которым идут последователи, развивая его идеи.

Особое внимание академик А. А. Жученко уделял молодежи, организуя ежегодные школы молодых ученых по экологической генетике культурных растений. Александр Александрович отличался удивительной многогранностью.

Научно-практическая конференция «Теория и практика адаптивной селекции растений» (Жученковские чтения VI) призвана отдать дань памяти и глубокой признательности, вновь оценить заслуги академика А. А. Жученко перед отечественной и зарубежной наукой. Особенно приятно, что юбилейная конференция, посвященная 85-летию со дня рождения А. А. Жученко проходит при участии Кубанского государственного аграрного университета.

Участникам конференции желаю плодотворной работы, высокой результативности, дальнейшего развития научного наследия великого ученого академика Александр Александрович Жученко.

Александр Иванович Трубилин,
доктор экономических наук, профессор,
член-корреспондент РАН

Памяти академика РАН и Россельхозакадемии Александра Александровича Жученко

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.



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

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.



Президент АН СССР Матвук Гурий Иванович (1986-1991 гг.) и Президент АН МССР Жученко Александр Александрович (1977-1989 гг.)

Академиком А. А. Жученко опубликовано 665 научных работ, в том числе 25 монографий: «Генетика томатов»; «Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробιοценоз)»; «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 57 кандидатов и докторов наук.



Лекция «Экологическая генетика культурных растений» Жученко Александра Александровича, заведующего кафедрой генетики Московской сельскохозяйственной академии им. К.А.Тимирязева (1992-2007 гг.)

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), Большой Золотой медалью Словацкой академии наук (1982), золотыми медалями «За охрану природы России» (2007), Минсельхоза России, ВДНХ-ВВЦ и др.

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 и глубокое уважение ученых и коллег по совместной работе.

Светлая память об Александре Александровиче навсегда сохранится в наших сердцах.

Сельская жизнь № 22 (23829) от 06.06.2013 г.

1. Направление «Механизмы адаптивной системы селекции растений»

УДК 633.14:630.165.41

Эколого-адаптивная характеристика сортов озимой ржи по признакам качества зерна The ecological and adaptive characteristic of varieties of winter rye on traits of quality of grain

Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В.,
Точилин В.Н., Крахмалева О.А., Яшина Н.А.

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты изучения экологической изменчивости признаков качества зерна у 18 сортов озимой ржи, выращенных в широком диапазоне погодных факторов. Показано, что многократный отбор по вязкости водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота коррелятивно изменил многие признаки качества зерна ржи. Обнаружен тренд в сторону снижения экологической устойчивости и фенотипической стабильности признаков качества зерна при одновременном повышении их экологической пластичности. При этом экологическая устойчивость признаков при минус-отборе по ВВЭ снижалась сильнее, чем при плюс-отборе, а экологическая реакция сортов на перепад погодных факторов сильнее проявлялась при плюс-отборе, чем при минус-отборе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озимая рожь, экологическое варьирование, фенотипическая стабильность, экологическая пластичность, хлебопекарные качества.

ANNOTATION. Results of studying of ecological variability of traits of quality of grain at 18 varieties of winter rye which are grown up in the wide range of weather factors are presented. The best baking qualities had a varieties Alpha and Population of GK-494 which differed in high number of falling and the viscosity of water extract (VWE). It is shown that 10-fold divergent selection on VWE of grain meal korrelativ changed many other traits of quality of grain. The trend towards decrease in ecological stability and phenotypical stability of traits of quality of grain at simultaneous increase in their ecological plasticity is found. At the same time ecological stability of traits at minus selection on VWE decreased stronger, than at plus selection, and ecological reaction of varieties to

Механизмы адаптивной системы селекции растений

difference of weather factors was stronger shown at plus selection, than at minus selection.

KEYWORDS: winter rye, ecological variation, phenotypical stability, ecological plasticity, baking qualities.

Рожь в сравнении с пшеницей отличается относительно высоким содержанием углеводов, сравнительно низкой температурой клейстеризации крахмала и высокой активностью амилолитических ферментов. По этой причине в отдельные годы формируется зерно ржи с низкой набухаемостью крахмала, который не способен связывать всю влагу теста [1]. Каркасообразующую роль в ржаном хлебе выполняют пентозаны, содержание которых варьирует в пределах 7-10 %, что значительно больше, чем у других злаков [2]. Из общего количества пентозанов ржаной муки около 40 % являются водорастворимыми. Они отличаются высокой водопоглотительной способностью, что является решающим при тестообразовании. При смешивании муки с водой пентозаны быстро набухают, связывают воду и образуют тесто. Если пентозанов мало, то ржаная мука имеет низкую водопоглотительную способность и низкую вязкость теста, которое при высокой активности альфа-амилазы не имеет достаточной силы для сохранения формы в процессе расстойки и выпечки хлеба [3].

Долгое время роль пентозанов в хлебопечении оставалась не выясненной и сортовые различия по их содержанию не изучались. Лишь в последние годы эти вещества стали вызывать интерес селекционеров, так как от уровня их содержания зависят хлебопекарные и технологические качества зерна. Однако до настоящего времени пентозаны пока что не стали объектом целенаправленной селекции, из-за чего возделываемые сорта ржи слабо различаются по качеству зерна. Для оценки содержания водорастворимых пентозанов чаще всего используют косвенные методы оценки, основанные на измерении относительной вязкости водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота с помощью высокоточных вискозиметров. Исследования показали, что признак ВВЭ наряду с числом падения является важным элементом формулы хлебопекарной ржи и его необходимо использовать в селекции [4].

Известно, что урожай и его качество зависят от действия многих нерегулируемых факторов внешней среды и преодолеть их отрицательные последствия можно лишь за счет создания экологически устойчивых сортов [5]. Поэтому важно учитывать не только степень фенотипической выраженности признаков у создаваемых сортов, но и характер их адаптивных реакций в различных экологических условиях. Экологическая устойчивость сорта - важнейшее условие реализации его ценных свойств в изменяющихся условиях внешней среды. Создаваемые сорта могут различаться по амплитуде своей приспособляемости, т.е. иметь относительно «широкую» или «узкую» экологическую пластичность. Экологически устойчивые сорта могут относительно

Механизмы адаптивной системы селекции растений

нормально произрастать в широком диапазоне значений факторов среды. Особый интерес представляют сорта ржи с высоким гомеостазом признаков, определяющих хлебопекарные качества. Между тем адаптивные реакции этой категории признаков у ржи практически не изучены, что не позволяет достоверно раскрыть спектр экологических факторов влияния и идентифицировать генотипы с высоким потенциалом адаптивности. Все это предопределяет особую актуальность эколого-адаптивной направленности селекции.

Целью наших исследований было изучение экологической устойчивости, стабильности и пластичности сортов ржи по признакам, прямо или косвенно определяющим качество зерна, и их оптимизация при селекции на улучшение хлебопекарных качеств зерна.

Материал и методы. Исходным материалом послужили 18 сортов озимой ржи (Альфа, Восход 1, Валдай, Татьяна, Московская 12, Московская 15, Московская 18, Крона, Поп.11, ЖЗ-760, ГК-984, ГК-796, ГК-2701, ГК-2731, ГК-785, ГК-985, ГК-494ВВ, ГК-614НВ), которые проходили полевые испытания в 2014-2019 гг. Качество зерна оценивали по 11 признакам. По каждому из них вычисляли коэффициент экологической вариации CV_e , «фактор стабильности» SF по D.Lewis [6] и экологическую пластичность (коэффициент bi) по S.A.Eberhart и W.A. Russell [7]. Предполагалось, что чем выше коэффициент bi , тем выше удельное приращение величины признака под влиянием внешнего фактора и тем выше его пластичность, которая достигается в этом случае за счет снижения стабильности. Низкая норма реакции ($bi < 1$) указывает на высокую буферность признака в различных экологических условиях.

Результаты и обсуждение. Изучаемые сорта ржи значительно различались по многим признакам качества зерна. Лучшие показатели качества зерна имели: по числу падения – Альфа (219 с), по вязкости водного экстракта – ГК-494ВВ (10,7 сП), по высоте амилограммы – Альфа и ГК-494ВВ (соответственно 266 и 268 е.а.), по формоустойчивости подового хлеба – ГК-494ВВ (0,31), по качеству мякиша формового хлеба – Альфа (4,2 балла), по массе 1000 зерен – ГК-984 (34,2 г), по натуре зерна – Московская 15 и ГК-2731 (728 г/л). Наиболее низкое качество зерна по большинству признаков показал сортообразец ГК-614НВ, отличающийся низкой вязкостью водного экстракта зернового шрота (2,7 сП).

Основными факторами влияния на экспрессию признаков качества в наших опытах оказались генотип сорта и погодные условия года. Наиболее сильно они проявились по числу падения и высоте амилограммы. Под влиянием генотипа сорта эти признаки варьировали на уровне 12,8-13,2 %, а под влиянием условий года – на уровне 38,0-38,8 %, т.е. средовое варьирование в 3 раза превышало генотипическое. Наоборот, по ВВЭ межсортовое варьирование почти втрое превышало экологическое (соответственно 35,2 % и 13,5 %), что объясняется включением в изучаемый набор уникальных сортообразцов ГК-494ВВ и ГК-614НВ, целенаправленно отобраных

Механизмы адаптивной системы селекции растений

на высокую и низкую ВВЭ. Что касается других признаков, то наиболее слабо (на уровне 3-7 %) оба вида варьирования проявились по натуре зерна, массе 1000 зерен, температуре клейстеризации крахмала, объему формового хлеба, содержанию белка и крахмала в зерне. Тем не менее, и по этим признакам сила влияния средового фактора тоже превышала влияние генотипа сорта. По формоустойчивости подошвого хлеба (отношение Н/ D) и качеству мякиша формового хлеба варьирование было средним, но и здесь влияние экологического фактора над генотипическим было преобладающим.

Существенное влияние на экспрессию признаков качества оказывали погодные условия года. По большинству признаков лучшее зерно ржи для хлебопечения сформировалось в 2017 г, а самое худшее – в 2019 г. По нашим наблюдениям существенное влияние на такую дифференциацию оказали не только количество выпавших осадков, но и вызванные ими характер, степень и длительность полегания посевов. В то же время не все изучаемые признаки реагировали однозначно. В засушливые годы (2014, 2015, 2018) высокая экспрессия достигалась только по ВВЭ, содержанию белка и крахмала.

Большой интерес представляет разложение общей дисперсии изучаемых признаков на экологически и генотипически обусловленные компоненты. Если признак имеет сильную экологическую зависимость, то для него характерно высокое фенотипическое варьирование и сильное взаимодействие генотипа с погодными условиями года. Об этом можно судить по величине коэффициента наследуемости H^2 , косвенно отражающего уровень адаптивной способности генотипа. В наших опытах коэффициенты наследуемости H^2 оказались высоко достоверными по всем изучаемым признакам ($F_{факт.} = 2,32 \dots 93,5$ при $F_{табл.} = 2,15$), однако между ними имелись значительные различия. Наиболее высокая доля генотипической дисперсии в общей фенотипической отмечена по содержанию крахмала, белка, ВВЭ и натуре зерна ($H^2 = 0,71 \dots 0,94$). Менее высокой она была по числу падения и высоте амилограммы ($H^2 = 0,18 \dots 0,20$), что и следовало ожидать по причине высокого их экологического варьирования.

Особый интерес вызывает оценка экологической устойчивости сортов по признакам качества. Используемые нами параметры адаптивности CV_e , SF и bi освещают разные грани экологической буферности сортов и положительно коррелируют между собой. В наших опытах эти корреляции варьировали в пределах: $r = 0,77 \dots 0,98$ (между CV_e и SF), $r = 0,58 \dots 0,95$ (между CV_e и bi) и $r = 0,62 \dots 0,91$ (между SF и bi). Взаимосвязь здесь такова: чем меньше параметры CV_e и SF , тем выше экологическая устойчивость и фенотипическая стабильность признака и тем ниже его отзывчивость на изменяющиеся погодные условия года, которую оценивает параметр bi . В этой связи важно знать не только размах адаптивных реакций сортов при возделывании в различных экологических условиях, но и их зависимость от фенотипической выраженности самого признака, с тем чтобы выяснить возможность их прогнозирования в процессе селекции.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

В контексте обсуждаемой проблемы большой интерес представляет выяснение возможного тренда параметров адаптивности CV_e , SF и bi под влиянием целенаправленной селекции по какому-либо признаку. С этой целью провели сравнение популяций ГК-494ВВ и ГК-614НВ, полученных в результате 10-кратного отбора высоковязких (ВВ) и низковязких (НВ) генотипов из сортов Альфа и Московская 12 и последующего положительного ассортативного скрещивания популяций от плюс- и минус-отбора. Данные показывают, что разнонаправленный отбор по ВВЭ обусловил не только сильную дифференциацию популяций по селектируемому признаку, которая составила соответственно 10,7 dI и 2,7 dI, т.е. они практически достигли «физиологического» максимума и минимума, но и коррелятивно повлиял на многие другие признаки качества. Характерной особенностью высоковязкой популяции ГК-494ВВ было высокое число падения, высота амилограммы и натура зерна. При выпечке эта популяция давала устойчивый к расплыванию хлеб с плотным, упругим и мелкопористым мякишем, но с более низким объемным выходом. Наоборот, низковязкая популяция ГК-614НВ отличалась самым низким в опыте числом падения и высотой амилограммы, имела относительно мелкое, низконатурное и низкокрахмалистое зерно и давала сильно расплывающийся хлеб с повышенным объемным выходом, но с крупнопористым и липким мякишем. Нетрудно видеть, что в основе этих различий лежит коррелятивный эффект отбора по признаку ВВЭ. Именно взаимосвязь многих признаков качества, отмеченная выше, являлась причиной того, что отбор по одному из них привел к изменению многих других, не подвергавшихся действию прямого отбора.

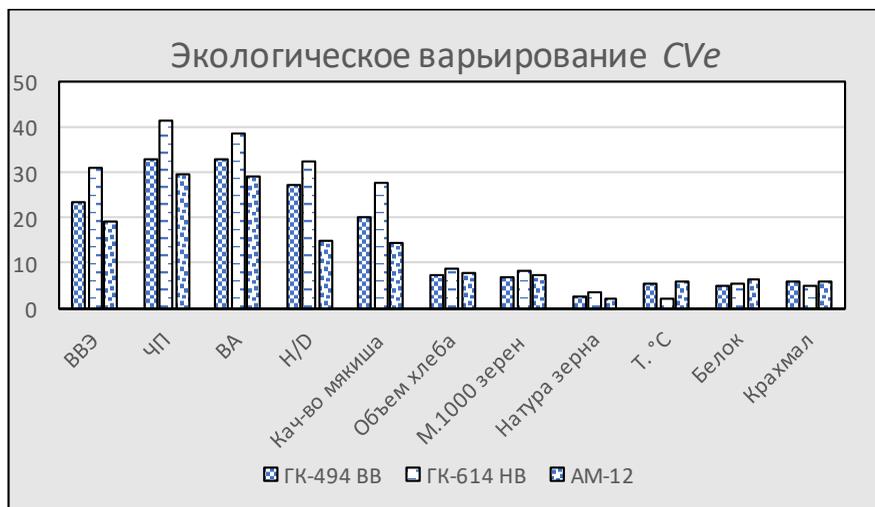
Графическая оценка популяций ГК-494ВВ и ГК-614НВ в сравнении с исходной родительской формой, обозначенной как АМ-12 (взято среднее значение параметров CV_e , SF и bi по сортам Альфа и Московская 12) представлена на рис.1. Обращает на себя внимание, что сравниваемые популяции заметно различались по всем трем параметрам. Однако эти различия наиболее сильно коснулись только плеяды наиболее тесно коррелируемых признаков: ВВЭ, ЧП, ВА, отношения Н/D, качества хлебного мякиша. По остальным признакам популяции различались незначительно. Специфика проявилась в том, что высоковязкая популяция ГК-494ВВ имела более низкие значения параметров CV_e и SF , но более высокие оценки по параметру bi . Наоборот, низковязкая популяция ГК-614НВ отличалась относительно высокими оценками параметров CV_e и SF , но более низкими по коэффициенту bi , т.е. характеризовалась более низкой нормой реакции.

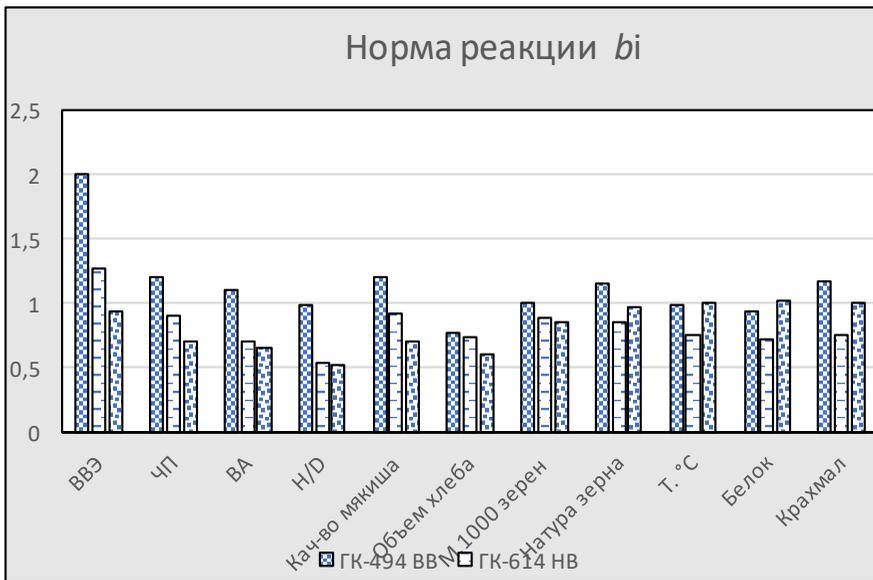
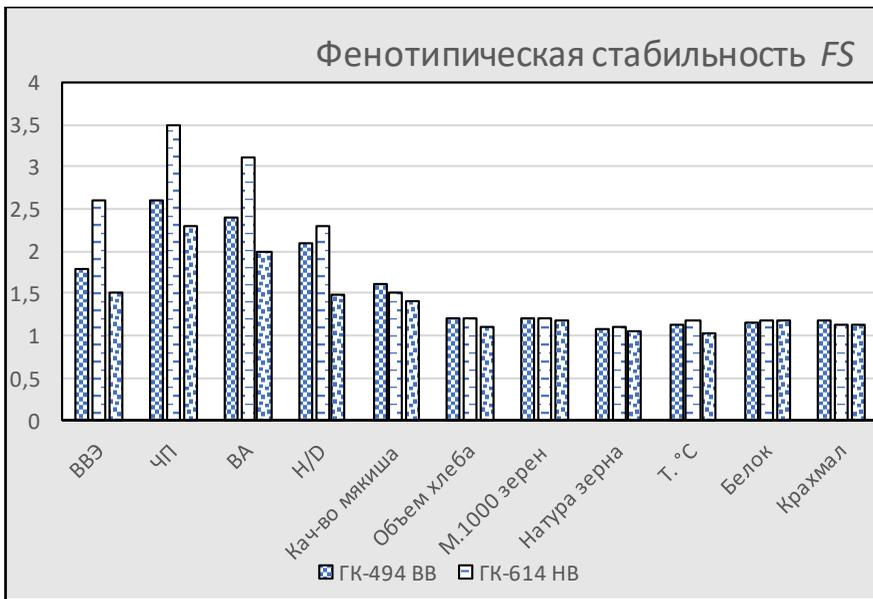
Таким образом, отбор на высокую ВВЭ коррелятивно улучшил форму-устойчивость подового хлеба, повысил высоту амилограммы, число падения и другие признаки, влияющие на хлебопекарные свойства зерна ржи. Характерной чертой такого отбора явился тренд в сторону снижения экологической устойчивости и фенотипической стабильности признаков при одновременном повышении их экологической пластичности. При этом адаптив-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

ный потенциал признаков при минус-отборе снижался сильнее, чем при плюс-отборе. Наоборот, высокая отзывчивость сортов на перепад фредовых факторов сильнее проявлялась при плюс-отборе, чем при минус-отборе. Поэтому в селекции ржи на качество зерна необходимо создавать разнообразный исходный материал с сильной экспрессией таких признаков как вязкость водного экстракта, число падения, натура зерна, содержание пентозанов, белка и крахмала. Эти признаки должны быть объектом интенсивного отбора на всех этапах селекции. Для создания экологически устойчивых сортов ржи вектор селекции должен быть направлен на адаптацию к таким стрессовым погодным условиям, которые наиболее часто выходят за пределы биологического оптимума в данном регионе. Для ускорения такой оценки селекционируемые генотипы следует испытывать в разных экологических точках, с тем чтобы при небольшом числе лет испытания объективно оценить адаптивный потенциал селекционируемых форм и отобрать лучшие из них. Нам представляется, что с помощью современных методов селекции можно целенаправленно улучшить белково-амилазный комплекс зерна ржи и сделать эту культуру экономически выгодной и агрономически привлекательной.

Рисунок 1 – Сравнение параметров адаптивности CV_e , SF и bi у контрастных по ВВЭ популяций озимой ржи ГК-494ВВ, ГК-614НВ и АМ-12.





Механизмы адаптивной системы селекции растений

Список литературы.

1. Древис Э., Зайбель В. Хлебопечение и другое использование ржи в мире // В кн. Рожь: производство, химия, технология. - М: Колос -1980. - С.173-239.
2. Brummer J.M. Rye Flour // Future of Flour – a Compendium of Flour Improvement. Verlagrimedia. - 2006. - 480 P.
3. Delcour J.A., Vahnamel S., Hosoney R.C. Physico-chemical and functional properties of rye non-starch polysaccharides // Cereal chemistry. -1991.-№1- P.72-76.
4. Гончаренко А.А. Новые направления в селекции озимой ржи на целевое использование // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - №2 (18). - С. 25-32.
5. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агроценоза (теория и практика). Т.1, М., 2004. - 688 С.
6. Lewis D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. -1954. - 8.- P.333-356.
7. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. - 1966.- №6.- P.36-40.

Адаптивная селекция масличных культур
Adaptive breeding of oil crops

Лукомец В. М., Зеленцов С. В.,
Бочкарев Н.И., Трунова М. В.

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК имени В.С. Пустовойта

АННОТАЦИЯ. Адаптивная селекция масличных культур позволяет создавать сорта с повышенной устойчивостью к абиотическим и биотическим региональным стрессорам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: адаптивная селекция, соя, масличный лён, засухоустойчивость, холодоустойчивость, зимостойкость, устойчивость ко льноугомлению.

ANNOTATION. Adaptive breeding of oil crops allows the creation of varieties with increased resistance to abiotic and biotic regional stressors.

KEYWORDS: adaptive breeding, soybeans, oil flax, drought tolerance, cold tolerance, winter hardiness, flax sickness of soil.

За последние два десятилетия (2001–2019 гг.) структура посевов масличных культур в России заметно изменилась. Посевные площади подсолнечника возросли на 4,8 млн га, или на 226 %; сои – на 2,7 млн га, или на 738 %, рапса – на 1,4 млн га, или в 11 раз, масличного льна – на 0,8 млн га, или в 65 раз. Одной из основных причин роста интереса к этой группе культур является селекционная работа по расширению адаптивных возможностей, обеспечивающих рентабельность даже в нетрадиционных регионах возделывания.

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК уделяет большое внимание вопросам адаптивной селекции масличных культур с целью их продвижения в менее обеспеченные ресурсами фреды регионы. В результате общее количество возделываемых почти во всех растениеводческих регионах страны сортов и гибридов масличных культур собственной селекции, к 2020 году достигло 205 наименований, или около 30 % от всех отечественных селекционных достижений масличной группы.

Существенное влияние на развитие адаптивной селекции масличных культур во ВНИИМК оказали глобальные изменения климата. 104-летние наблюдения за климатическими изменениями в Краснодарском крае свидетельствуют, что в последние 30 лет возрастают температуры воздуха и снижаются суммы осадков в позднелетний период. Это влечёт за собой увеличение частоты и интенсивности летних засух практически на всей степной части юга России. Динамика и направленность климатических изменений

Механизмы адаптивной системы селекции растений

повлекли за собой развитие программ адаптивной селекции масличных культур. Их практическая реализация основана на основных положениях фундаментальных исследований акад. А. А. Жученко в области адаптивных систем селекции растений [1].

Так, основными направлениями адаптивной селекции сои во ВНИИМК являются: повышение засухоустойчивости, повышение холодо- и заморозкоустойчивости; снижение чувствительности к неоптимальным длинам дня [2].

Характерной особенностью засушливых регионов юга России является пересыхание верхних горизонтов почвы в летний период. Для повышения засухоустойчивости сои во ВНИИМК было сформировано адаптивное направление селекции сортов с глубокой корневой системой [2].

Важным адаптивным направлением селекции сои является повышение холодо- и заморозкоустойчивости. С использованием собственной криосеминационной (КС) технологии [3] во ВНИИМК выведены адаптированные к пониженным температурам сорта сои, которые на начальных этапах онтогенеза выдерживают ранневесенние заморозки до минус 5 °С. Создание холодоустойчивых сортов сои позволяет сдвинуть сроки их посева на более ранний период, в Краснодарском крае – с 3 декады апреля на 3 декаду марта. Это обеспечивает более эффективное использование растениями сои осенне-зимних запасов влаги в почве, и созревание на 2–3 недели раньше, чем при обычных сроках посева, до пиков позднеосенних засух, что является ценным адаптивным качеством, особенно для засушливых регионов юга России.

Ещё одним селекционным признаком у сои, требующим адаптивного улучшения, является её высокая фотопериодическая чувствительность, при посеве в более поздние, или более ранние, от оптимальных, сроки, приводящая к заметному снижению габитуса растений и их продуктивности. Адаптивным решением этой проблемы стало селекционное снижение фотопериодической чувствительности. Во ВНИИМК был создан исходный материал для селекции сои с пониженной реакцией на длину дня, сохраняющий свой габитус и продуктивность в широком календарном диапазоне сроков посева.

В рамках комплексной программы адаптивной селекции к дефициту воды в верхних горизонтах почвы, к низким положительным и отрицательным температурам, к излишне коротким или длинным длинам дня, во ВНИИМК выведено 9 засухоустойчивых сортов сои, 6 из которых уже включены в Госреестр селекционных достижений РФ. Первым в России сортом сои с комплексной адаптивностью стал сорт сои Славия, включённый в Госреестр селекционных достижений в 2009 г.

Новейшим, переданным на госсортоиспытание в 2020 г. холодо- и засухоустойчивым сортом сои с пониженной чувствительностью к неопти-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

мальным длинам дня, по урожайности превышающий лучшие на юге РФ высокоадаптивные сорта-стандарты, является сорт Триада.

Дальнейшее развитие адаптивной селекции сои во ВНИИМК в направлении повышения холодоустойчивости позволило создать и передать на госсортоиспытание в 2019 и 2020 гг. очень ранние сорта сои Баргузин и Саяна, способные вызревать и формировать рентабельные урожаи даже на мерзлотных почвах Восточной Сибири в Иркутской области.

Ещё одной масличной культурой, по которой в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК ведётся активная адаптивная селекция, является масличный лён. Основными направлениями адаптивной селекции этой культуры также являются: повышение засухоустойчивости и холодоустойчивости; снижение чувствительности к неоптимальным длинам дня, а также повышение устойчивости ко льноутомлению [2;3;4].

Все современные сорта масличного льна селекции ВНИИМК отличаются высокой засухоустойчивостью и пригодны для выращивания даже в острозасушливых регионах.

Созданный по криоседиментационной технологии [3] первый в России зимующий сорт масличного льна Снегурок выдерживает морозы до минус 20-23 °С. При посеве в Краснодарском крае в середине октября этот сорт успешно зимует, возобновляет вегетацию в начале марта, и зацветает в конце апреля. Начало созревания сорта масличного льна Снегурок наступает в начале июня, когда сорта льна весенних фроков посева ещё цветут.

Благодаря подзимнему посеву и ранневесеннему возобновлению вегетации на фоне короткого дня растения зимующих форм льна максимально эффективно используют осенне-зимние запасы воды в почве и формируют повышенный урожай семян. Такие адаптивные свойства сорта позволяют рекомендовать его для подзимних посевов в острозасушливых зонах юга России.

Уникальным направлением адаптивной селекции масличного льна во ВНИИМК является селекция на льноутомление. После уборки льна в почве остаются льноутомительные токсины, сохраняющиеся в почве в течение 6 лет, и оказывающие угнетающее влияние на рост и развитие последующих посевов льна, вплоть до их полной гибели [4]. Современная актуальность этого направления определяется преимущественным выращиванием масличного льна в аридных регионах России с укороченными (3-4 поля) севооборотами.

Созданный во ВНИИМК уникальный сорт масличного льна Ы-117 отличается полной устойчивостью ко льноутомлению и пригоден для выращивания в короткоротационных севооборотах, и даже при монокультуре. Кроме этого, признак устойчивости ко льноутомлению дополнительно обеспечивает этому сорту высокую устойчивость к фузариозному увяданию.

В целом, фундаментальные исследования и разработки академика А. А. Жученко старшего в области экологической генетики и селекции куль-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

турных растений [1] оказали существенный вклад в развитие адаптивной селекции масличных культур в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, что подтверждается практическими результатами в виде широкой линейки высокоадаптивных сортов сои и масличного льна.

Список литературы.

1. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко – М.: Изд-во РУДН, 2001. – том I. – 780 с.
2. Методы селекции сои и льна / В. М. Лукомец, С. В. Зеленцов // Вестник сельскохозяйственной науки. - 2019. – № 2. – С. 19–23.
3. Некоторые аспекты устойчивости растений к отрицательным температурам на примере сои и масличного льна / С. В. Зеленцов, Е. В. Мошненко, Л. А. Бубнова, В. С. Зеленцов // Масличные культуры. - 2018. – Вып. 2 (174). – С. 55–70.
4. Селекция масличного льна на устойчивость ко льноутомлению для короткоротационных севооборотов засушливых регионов юга России / С. В. Зеленцов, Л. Г. Рябенко, Е. В. Мошненко, В. С. Зеленцов // Достижения науки и техники АПК. - 2016. – Том. 30. – № 6. – С. 9–11.

**Перспективные технологии и методы
в адаптивной селекции риса
Promising Technologies and Methods
in Adaptive Rice Breeding**

Харитонов Е.М., Зеленский Г.А.,
Зеленский А.Г., Гончарова Ю.К.

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

АННОТАЦИЯ. Создаваемые сорта риса должны быть приспособлены к разным условиям выращивания, особенно к слою воды при получении всходов, засолению почвы, засухоустойчивости, к пирикулярриозу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Рис, сорт, адаптивная селекция, слой воды, солеустойчивость, засухоустойчивость, пирикулярриоз.

ANNOTATION. The rice varieties under breeding programs must be adapted to different growing conditions, especially to the water layer at sprouting stage, soil salinity, drought-resistant, and blast disease.

KEYWORDS: Rice, variety, adaptive breeding, water layer, salt tolerance, drought-resistant, blast disease.

Большая часть площадей, освоенных под рис в Российской Федерации, характеризуется не благоприятными погодными условиями, засолением различной степени и типа, недостатком элементов минерального питания, высокими и низкими температурами в период вегетации. Поэтому, создаваемые сорта риса должны обладать высокой адаптивностью, экологической пластичностью, сохранять стабильно высокую урожайность в разных природно-климатических условиях.

При адаптивной селекции необходимо создавать сорта, у которых высокая потенциальная урожайность сочетается с экологической устойчивостью к тем стрессам, чье действие невозможно уменьшить за счет улучшения технологий [4, 5].

По мнению академика Жученко А.А., повышение продуктивности сельскохозяйственных растений, связано с адаптивностью т.е. способностью противостоять действию повреждающих факторов среды [1].

Для обеспечения потребностей современного производства в ФГБНУ «ФНЦ риса» селекционная работа ведется по нескольким направлениям. При этом создаются сорта техногенно-интенсивные с урожайности до 12 т/га, для выращивания по энергоберегающим технологиям, устойчивые к биотическим и абиотическим стрессорам, скороспелые, а также специаль-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

ного назначения (длиннозерных, крупнозерных, высокоамилозных, с окрашенным перекарпом и т.п.).

Для эффективного использования создаваемых сортов, ведется разработка сортовых комплексов с целью более полного использования биоклиматического потенциала рисовых агроландшафтов и урожайного потенциала культуры.

В качестве примера успешного ведения адаптивной селекции риса рассмотрим следующие экологические факторы: 1) слой воды на рисовом поле, 2) засоление почвы, 3) засухоустойчивость, 4) пирикулярриоз – основная и наиболее вредоносная болезнь, которая поражает все части растения риса: листья, узлы стеблей и метелки.

Рис единственная злаковая культура, которая способна расти при слое воды [3].

Для создания одинаково оптимальных условий всем растениям при затоплении, необходима тщательная планировка плоскости чеков. При отсутствии ее растения неустойчивых сортов изреживаются, что приводит к снижению урожая риса. В таких условиях выигрывают сорта с высокой энергией роста в начале вегетации. Наглядным примером сортов с быстрым ростом в период получения всходов являются Лидер и Атлант, растения которых способны в фазе 2-3-х листьев преодолеть слой воды 20-25 см [7].

Сорт Лидер широко возделывался в Краснодарском крае по безгербицидной технологии. В 2010 г. этот был внесен в Государственный реестр Республики Казахстан. Там, в Кызылординской области на засоленных почвах, рис выращивают, получая всходы из-под слоя воды до 25 см. В 2019 г. Лидер выращивался на 74,5 % площади посевов риса в регионе.

Засоленные земли занимают более 20 % рисовых систем Краснодарского края. Поэтому создание солеустойчивых сортов является актуальной задачей, которая достаточно успешно решается селекционерами ФГБНУ «ФНЦ риса». Работа выполняется совместно с физиологами, которые ведут оценку риса на солеустойчивость.

Совместно с китайским национальным НИИ риса и Сычуанским университетом ученые института активно сотрудничают по созданию высокопродуктивных сортов и гибридов риса устойчивых к стрессовым факторам. Сравнительная оценка сортов и сортообразцов риса проведенная в Китае по устойчивости к засолению, созданных в разных странах (России, Китае, Кореи, Японии, Филиппинах и др.), показало, что наилучшие результаты имели сорта Российской селекции Курчанка, Соната и Байконур. Сорт Курчанка отличается устойчивостью к засолению в наиболее уязвимые фазы – период получения всходов и цветения.

Погодные условия текущего года показали, насколько актуальна и важна селекция засухоустойчивых сортов риса. Изучение засухоустойчивых гибридов в институте показало возможность создания на их основе сортов, которые можно будет выращивать без слоя воды, при периодических поли-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

вах. Такие сорта позволяют снизить затраты на воду при их выращивании и уменьшить экологическое напряжение, возникающее при сбросе поливной воды с чеков, загрязненной гербицидами и фунгицидами, которые применяются при выращивании риса по обычной технологии [6].

Пирикулярриоз практически ежегодно поражает посевы неустойчивых сортов риса. Периодически развитие болезни достигает эпифитотийных размеров. В 2013 г. в результате эпифитотии пирикулярриоза в Краснодарском крае снизился валовой сбор зерна риса на 20 %. На обработки фунгицидами потрачено более 150 млн. рублей. Поэтому созданию сортов риса, устойчивых к болезни, придается особое значение. В ФГБНУ «ФНЦ риса» ведется селекция сортов с полевой и расоспецифической устойчивостью к пирикулярриозу с маркерным контролем внедряемых генов. Примером успешного решения этой задачи являются сорта: Альянс, Ленарис, Капитан, Олимп и Снежинка, исходные формы которых были выделены на искусственном инфекционном фоне [3].

Этими сортами подтверждается актуальность слов академика П.П. Лукьяненко: «Без создания инфекционных фонов селекция на устойчивость к болезням немыслима» [2].

Кроме того, сорта с повышенной устойчивостью к пирикулярриозу, позволяют значительно уменьшить применение химических средств защиты, что положительно сказывается на экологии и повышает экономическую эффективность.

Таким образом, создание сортов риса адаптированных к местным условиям, всестороннее их экологическое испытание в разных агроландшафтных зонах Краснодарского края, разработка сортовых комплексов для конкретных условий хозяйств, позволяет существенно повысить эффективность рисоводства.

Рациональное использование сортов, с учетом их агробιологических особенностей, способствовало получению урожайности риса в Российской Федерации в 2010-2019 гг. 5,5-6,5 т/га при валовом сборе 820-1200 тыс тонн, что не только полностью обеспечило потребность жителей нашей страны крупной риса, но и позволило импортировать 150-200 тыс тонн в другие страны.

Список литературы.

1. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. / А.А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 2. – 708 с.
2. Лукьяненко, П.П. Достижения и перспективы в селекции озимой пшеницы. Доклад на 2-м съезде ВОГиС, 31.01 1972 г. / П.П. Лукьяненко // Агро Весник, 2001. – № 14 (14). – С. 8.
3. Зеленский Г.А. Рис биологические основы селекции и агротехники: монография / Г.А. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 236 с.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

4. Прянишников, А. И. Адаптивная селекция: теория и практика отбора на продуктивность / А.И. Прянишников, И.В. Савченко, В.Н. Мазуров. Вестник российской сельскохозяйственной науки, 2018. – №. 3. – С. 29-32.

5. Сюков, В.В. Экологическая селекция растений: типы и практика (обзор) / В.В. Сюков, А.И. Менгбаев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2015. – т. 17. – № 4 (3). – С. 463-466.

6. Харитонов Е.М. Селекция риса на адаптивность к недостатку поливной воды, как важнейшее направление по увеличению производства риса в РФ / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова Современные адаптации (Жученковские чтения IV) Белгород. – 2018 – С. 190.

7. Zelensky G. L. Ecological and biological bases of the rice variety Lider growing on pesticide-free technology [Электронный ресурс] / G. L. Zelensky, O.V. Zelenskaya // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – № 07(071). – С. 71 – 81. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/06.pdf> (Дата обращения: 17.03.2020).

**Морфофизиологические
аспекты селекции гречихи на адаптивность
Morphological and physiological aspects of breeding
buckwheat for adaptability**

Амелин А.В.¹, Фесенко А.Н.², Заикин В.В.¹, Чекалин Е.И.¹

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный
университет имени Н.В. Параджина»;

²ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты многолетних исследований по вопросам создания адаптивных сортов гречихи. На основе ретроспективного анализа установлены изменения признаков, играющих важную роль в продукционном процессе и адаптивной системе растений, определены приоритетные пути селекции по их оптимизации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морфофизиология, селекция, гречиха, адаптивность.

ANNOTATION. The results of long-term research on the creation of adaptive varieties of buckwheat are presented. On the basis of retrospective analysis, changes in traits that play an important role in the production process and adaptive system of plants have been identified, and priority ways of selection for their optimization have been determined.

KEYWORDS: morphophysiology, breeding, buckwheat, adaptability.

Гречиха является востребованной культурой продовольственного рынка и сельскохозяйственного производства, в силу своих пищевых и агротехнических достоинств. Однако в последние годы ее производство начало постепенно сужаться. Основным фактором, ограничивающим расширение посевных площадей и рост производства гречихи, является низкая и нестабильная урожайность [1].

Поэтому, создание адаптивных, высокоурожайных сортов с повышенным качеством продукции, безусловно, будет способствовать расширению производства и рынков сбыта гречихи. Для достижения данной цели имеются все необходимые предпосылки. Одна из них заключается в том, что генофонд культуры характеризуется достаточно широким полиморфизмом наследственно обусловленных морфологических, биологических и фотосинтетических признаков, играющих важную роль в продукционном процессе и адаптивной системе растений (табл. 1).

Механизмы адаптивной системы селекции растений

Таблица 1 – Диапазон генотипической изменчивости признаков растений значимых для селекции гречихи на адаптивность

№ п/п	Наименование признака (параметра)	Интервал варьирования	
		по собствен. исследованиям	по литератур. источникам
1	2	3	4
1.	Урожайность, т/га	2,0 - 3,7	0,9 - 6,9 (Алексеева Е.С., 1999; Фесенко Н.В. и др., 2006; Мартыненко Г.Е., 2016; Кадырова Ф.З., 2003)
2.	Уборочный индекс, %	19,1 - 30,7	26,6 - 39,7 (Наполова Г.В., 2001; Фесенко Н.В. и др., 2006; Мартыненко Г.Е., 2016; Чернухин В.А., 2000)
3.	Масса семян с растений, г	0,98 - 1,82	0,88 - 1,92 (Алексеева Е.С., 1999; Фесенко Н.В. и др., 2006; Кадырова Ф.З., 2003)
4.	Масса 1000 семян, г	23,1 - 32,4	22,2 - 40,1 (Алексеева Е.С., 1999; Мартыненко Г.Е., 2016; Кадырова Ф.З., 2003)
5.	Число выполненных семян с растения	38,8 - 58,3	36,0 - 71,3 (Наполова Г.В., 2001; Чернухин В.А., 2000)
6.	Число соцветий	10,5 - 24,2	10,8 - 29,4 (Мартыненко Г.Е., 2016; Педоченко В.Ф., 2008)
7.	Площадь листьев в среднем на растение в период налива семян, см ²	111,9- 163,1	239,0 - 362,8 (Кадырова Ф.З., 2003; Наполова Г.В., 2001;)
8.	Интенсивность фотосинтеза в период налива семян, $\mu\text{мольСО}_2/\text{м}^2\cdot\text{с}$ ($\text{мг СО}_2/\text{г сухой массы}\cdot\text{ч}^{-1}$)	9,78 - 13,50	7,0 - 19,9 (Дрозаов С.Н. и др., 2004)
9.	Длина стебля на период уборки, см	78,9-97,0	71,4 - 115,0 (Алексеева Е.С., 1999; Мартыненко Г.Е., 2016; Педоченко В.Ф., 2008)

Механизмы адаптивной системы селекции растений

1	2	3	4
10.	Число узлов стебля вегетативной сферы	4,3 - 5,8	4,47-7,01 (Алексеева Е.С., 1999 Чернухин В.А., 2000)
11.	Число узлов стебля генеративной сферы	3,8 - 7,2	2,21-5,68 (Алексеева Е.С., 1999 Чернухин В.А., 2000)
12.	Продолжительность вегетационного периода, дней	65,0 - 73,0	65 - 120 (Алексеева Е.С., Кушнир В.П., 2003; Мартыненко Г.Е., 2016; Фесенко Н.В. и др., 2006; Кадырова Ф.З., 2003)
13.	Устойчивость семян (%): к засухе	24,4 - 98,2	15,7 - 84,3 (Лаханов А.П., Балачкова Н.Е., 1986)
14.	низким положительны температурам	0,0 -28,8	3,5 - 34,7 (Лаханов А.П., Балачкова Н.Е., 1986)

Это дает возможность выбирать необходимые источники ценных для селекции признаков и конструировать адаптивные сорта с определенным уровнем урожайности для разных природно-климатических и производственных условий.

Установлено, что потенциал продукционного процесса гречихи достаточно высокий и позволяет формировать урожайность семян до 6,9 т/га и более, тогда как ее средняя величина в условиях реального производства находится на уровне 0,9 т/га по причине несовершенства создаваемых сортов. В результате селекции рост урожайности семян в основном достигается за счет увеличения крупности семян (в среднем с 23,1 до 31,1 г) и в некоторой степени их количества (в среднем с 38,8 до 53,4 шт.).

За период отбора от местных популяций до лучших современных сортов так же увеличились: размер и жизнеспособность цветков (в среднем на 6,3 %); число выполненных семян в соцветиях (в среднем на 60 %); площадь и крупность листовых пластинок (в среднем на 15,7 %); фотосинтетическая и транспирационная активность листьев в период налива семян (в среднем на 20,7 %); устьичная проводимость листьями молекул CO₂ и H₂O (в среднем на 17,5 %) в период налива семян; мощность развития корневой системы в верхнем пахотном горизонте почвы (в среднем на 12 %) и ее удельная адсорбирующая поверхность (в среднем на 15,2 %), устойчивость к полеганию и линейная плотность стебля (в среднем на 19,8 %); активность начального линейного роста стебля (в среднем на 40,7 % на 14 сутки развития); продолжительность периода развития «всходы – начало цветения» (в среднем на 2 дня).

Механизмы адаптивной системы селекции растений

При этом уменьшились: число узлов в зоне плодообразования (в среднем 39,4 %); количество соцветий (в среднем на 50,2 %); удельная поверхностная плотность листьев (в среднем на 14,3 %), длина стебля (в среднем на 11 %); продолжительность периода развития «начало цветения-уборочная спелость» (в среднем на 2 дня).

Однако, устойчивость растений гречихи к экстремальным факторам погоды в результате селекции осталась без существенных изменений. Степень холодостойкости проростков у современных сортов культуры находится на уровне местных популяций и старых сортов (8,3 %), а засухоустойчивость варьирует от 24,4 до 98,2 %, имея тенденцию к снижению в период генеративного развития растений.

Современным сортам культуры, созданным преимущественно методами межсортовой гибридизации и отбора, пока присущи многие недостатки, свойственные предковым формам гречихи: совмещение фаз вегетативного роста и плодообразования, израстание на удобренных фонах, низкая эффективность семяобразования и, как следствие, значительное отставание по урожайности от других зерновых культур; острая реакция на дефицит влаги и тепла в период плодообразования, выражающаяся в массовом отмирании формирующихся завязей. Устойчивость фотосинтеза, основополагающего фактора продукционного процесса растений, к экстремальным факторам погоды имеет выраженную тенденцию к снижению. Возможности биосинтеза органического вещества и плодообразования у современных сортов культуры в полной мере реализуются в основном в благоприятных погодных условиях, а в экстремальных – они быстро убывают.

Выбранные направления и используемые методы селекции гречихи, как и у других сельскохозяйственных культур, в большей степени направлены на повышение агроценотической продуктивности и других требований производства, и в малой мере затрагивают тот комплекс адаптивных признаков, которые обуславливают высокую экологическую стабильность процессов плодообразования.

Список литературы.

1. Генофонд и селекция крупных культур. Гречиха: Теоретические основы селекции. Т.5 / Фесенко Н.В., Фесенко Н.Н., Романова О.И., Суворова Г.Н.; под ред. В.А. Драгавцева. – СПб.: ВИР, 2006. – 196 с

**Полевая оценка мутантных линий кукурузы
по устойчивости к основным болезням
Field assessment of mutant
maize lines for resistanceto diseases**

Былич Е.Н.

ИГФЗР «Институт генетики физиологии и защиты растений», Молдова

АННОТАЦИЯ Представлены результаты полевой оценки образцов генетической коллекции кукурузы по устойчивости к некоторым фитопатогенам в агроклиматических условиях центральной зоны Молдовы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устойчивость, патогены, распространенность болезни.

ANNOTATION. The results of a field evaluation of the genetic collection of corn by resistance susceptibility to phytopathogens in the agro-climatic conditions of the central zone of Moldova are presented.

KEYWORDS: resistance, pathogens, disease prevalence.

Расширение генетического разнообразия кукурузы по факторам устойчивости и адаптивности, а также следование выбранной в XX веке стратегии селекции преимущественно на неспецифический тип устойчивости к патогенам и фитофагам, обеспечивает длительное сдерживание всплеск их массового размножения. Дальнейшее изучение типов устойчивости, её эколого-генетической экспрессии и характера связи с продуктивностью расширяют перспективы зонального районирования гибридов по биоэкологически значимым приоритетам: адаптивности, продуктивности, устойчивости к патогенам [1]. Комплексность оценок при характеристике образцов коллекции по тому или иному параметру является необходимым условием при формировании признакововых коллекций такой культуры как кукуруза.

Материалом для полевых опытов служили 15 мутантных линий генетической коллекции лаборатории генетических ресурсов растений ИГФЗР. Оценку образцов коллекции проводили на естественных фонах в климатических условиях 2019 года. При закладке полевых опытов использовали традиционную для данной культуры схему посева и агротехнику. Морфологические и фенологические параметры растений характеризовали согласно классификатору для данной культуры [2]. Необходимые измерения выполняли как в период вегетации, непосредственно в поле, так и после уборки, в лабораторных условиях.

При учете болезней определяют два показателя: распространение или количество пораженных растений на делянке и развитие, или степень поражен-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

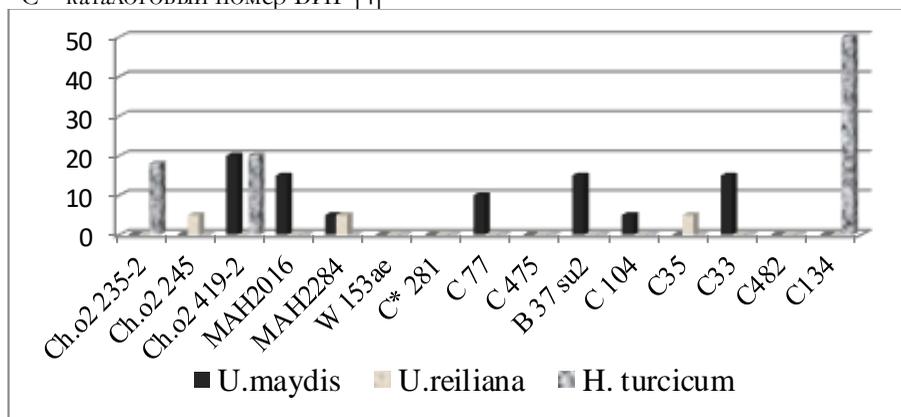
ности органов. Первый показатель (P) устанавливали по формуле: $P = n \times 100 / N$, где N – общее количество растений в пробах; n – количество больных растений. Степень развития (R) болезни или средняя пораженность отдельных органов в процентах определяли по формуле: $R = \frac{\sum (a \cdot b) \cdot 100}{NK}$, где $\sum ab$ – сумма произведений количества больных растений на соответствующий им балл или процент пораженности; N – общее количество анализированных растений; K – наивысший балл шкалы. Балловую оценку интенсивности развития болезней проводили по следующей шкале: 0 – растения здоровые; 1 – слабое поражение органа или растения; 2 – среднее поражение, сильно пораженных органов нет; 3 – сильное поражение органов и гибель растений [3].

Эффективность оценок коллекционных образцов на устойчивость к болезням определяет наличие инфекционного фона и условий его формирующих. Так, резкие перепады суточных температур, а также избыточное количество выпавших осадков в начале вегетационного периода учетного года, способствовали распространению ряда заболеваний.

Симптомы пузырчатой и пыльной головни фиксировали после завершения фазы цветения мужских и женских соцветий. При статистическом анализе полученных данных по степени распространённости *Ustilago maydis* выявили в среднем невысокий уровень (5,7 %) этого показателя интенсивностью поражения растений от 0 до 2-х баллов (при максимальном уровне – 3 балла). В соответствии с результатами, представленными на диаграмме, наиболее восприимчивой (R = 13,3 %) характеризовалась линия Chisinau o2 419-2, в меньшей степени (R = 10,0 %) были поражены растения трех линий: МАН 2016 1-27-3D, В37 su2 и ВИР44 Lg3.

Рисунок 1 - Количество пораженных растений у инбредных линий

*С – каталоговый номер ВИР [4]



Механизмы адаптивной системы селекции растений

В группу слабОВОспрИмчивых вошли три инбредные линии (С 77, С 104, МАН 2284 363-1D), при уровне средней пораженности от 5 % до 3 %. У восьми линий характерных симптомов пузырчатой головни обнаружено не было, что позволило их отнести к группе устойчивых.

Распространение пыльной головни (*Sporisorium reilianum* McAlp) у изучаемых линий было незначительным, в среднем показатель составил 1,1 %. Отмечали 5 % степень развития болезни у трех генотипов (Chisinau o2 245, МАН 2284 363-1D, С 35).

Проявление бурой пятнистости листьев (*Helminthosporium turcicum* Pass) было отмечено у трех линий (С134, Chisinau o2 419-2 и Chisinau o2 235-2). Высокая степень поражения ($R = 66,7\%$) мутантной линии *ugl5* (С 134) способствовала высыханию листьев и почти полной редукции продуктивных початков. В меньшей степени были поражены растения двух линий Chisinau o2, у которых этот показатель составил 20,3 %. Возможной причиной развития фитопатогенов у трех мутантных линий являлась сохранившаяся инфекция в семенах, так как симптомов заболевания у остальных образцов коллекционного питомника обнаружено не было.

Во время уборки при выбраковке инфицированных фузариозом початков определяли интенсивность повреждений. Анализ полученных данных выявил генотипические различия по распространенности и развитию болезни. В таблице представлены результаты оценок пяти линий с характерными симптомами болезни.

Таблица 1 – Оценка восприимчивых линий по степени пораженности фузариозом початков (*Fusarium spp*).

Линия	P (%)	R (%)	Группа устойчивости
МАН 2016 1-27-3D	10,0	3,3	слабовостр.
В 37 <i>su</i> 2	15,0	10,4	средневостр.
Chisinau.o2 235-2	15,0	12,5	средневостр.
Chisinau o2 245	10,0	5,0	слабовостр.
Chisinau o2 419-2	25,0	21,5	восприимчивая

Процент поврежденных початков в среднем по выделенным образцам коллекции был невысок (15,0 %), что связано с отсутствием благоприятных условий для развития инфекции во второй половине вегетационного периода (жара и засуха). Как наиболее восприимчивая к фузариозу выделена линия Chisinau o2 419-2, развитие болезни которой составило 21,5 %. В меньшей степени были повреждены початки еще четырех линий, у которых показатель варьировал от 3,3 % до 12,5 %. При проведении учетов состояния початков десяти линий, симптомов грибной инфекции не обнаружено.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

Таким образом, в результате иммунологических оценок коллекционных образцов на устойчивость к основным болезням кукурузы в условиях Молдовы были выделены генетические источники комплексной устойчивости.

Список литературы.

1. Болезни кукурузы: этиология, мониторинг и проблемы сортоустойчивости/ Иващенко В.Г.// Санкт-Петербург – Пушкин: ФГБНУ ВИЗР (Приложение к журналу "Вестник защиты растений") – 2015. – 286 с.
2. Discriptors List specie *Zea mays L.* // Praha – 1986. – 43 p.
3. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур./ Койшыбаев М., Муминджанов Х.// Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. – Анкара – 2016. – <http://www.fao.org/3/a-i5550r.pdf>
4. Каталог Мировой коллекции ВИР Генетическая коллекция кукурузы. / Выпуск 396. – Ленинград. –1984.– 280 с.

**Перспективы развития отрасли рисоводства
в Российской Федерации**
**Prospects of development of rice growing industry
in the Russian Federation**

Гаркуша С.В., Ковалев В.С., Есаулова Л.В.

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

АННОТАЦИЯ. Использование методов классической селекции совместно с биотехнологическими подходами и разработка элементов технологии точного земледелия способствует ускоренному созданию и внедрению в производство устойчивых сортов риса, адаптированных к условиям Российской Федерации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рис, адаптивность, молекулярные технологии, сорт, урожайность, производство.

ANNOTATION. Use of conventional breeding methods along with biotechnological and molecular approaches and development of elements of precision farming technology contributes to the accelerated development of resistant rice varieties adapted to conditions of the Russian Federation and their introduction into production.

KEYWORDS: rice, adaptability, molecular technologies, variety, yield, production.

В рамках поставленных задач Президентом РФ В.В. Путиным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации по переходу России к инновационной экономике особую значимость и актуальность приобретают передовые цифровые, интеллектуальные производственные технологии в сельском хозяйстве. Учитывая, что три культуры: пшеница, кукуруза и рис обеспечивают более 85 % валового сбора всех зерновых культур в мире, возрастает необходимость в проведении исследований по разработке и внедрению элементов технологии точного земледелия в рисоводческой отрасли АПК России.

Целью настоящего исследования было обобщение мирового опыта производства риса и анализ научного обеспечения отрасли рисоводства Российской Федерации.

«Адаптивная система селекции растений – важнейшая сфера практического использования фундаментальных знаний... Безспорно, что важнейшей особенностью интенсификации растениеводства является его ориентация на наиболее эффективное использование адаптивных (приспособительных) и адаптирующих (средоулучшающих) свойств важнейших биотических ком-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

понентов агробиоценозов, и в первую очередь культивируемых видов и сортов растений» [1].

Рис – основной продукт питания более трети населения Земли. Его посевы в мире занимают 167 млн. га, годовое производство зерна около 782 млн. т. Основные производители: Китай, Индия, Индонезия.

Для повышения устойчивости агропродовольственных систем в мировом сельском хозяйстве широко пропагандируются стратегии управления климатическими рисками на различных уровнях. По данным (Challinor et al., 2014) установлено, что с адаптацией на уровне сельскохозяйственных культур прирост урожайности основных глобальных продуктов питания (кукуруза, пшеница и рис) может увеличиться на 7-15 % [2].

Во многих странах мира, в частности, в Китае, Бангладеш в последнее время селекционная работа ведется по созданию гибридов риса, которые обладают той или иной формой устойчивости к биотическим или абиотическим стрессам и более отзывчивы на внесение удобрений и использование водных ресурсов [3].

В Российской Федерации рис выращивают в девяти субъектах: Республики Адыгея, Калмыкия, Дагестан, Чеченская Республика, Краснодарский край, Астраханская и Ростовская области, Приморский край и Еврейская автономная область.

Основным производителем риса в России является Краснодарский край. Посевные площади риса на Кубани ежегодно составляют более 125,0 тыс. га, а валовой сбор 900,0 тыс. тонн при урожайности 6,4 т/га. Кубань находится на 14 месте по урожайности риса зерна с единицы площади после Италии и Испании.

Научное обеспечение рисоводства в России осуществляется тремя научно-исследовательскими организациями: Федеральным научным центром риса (г. Краснодар), Аграрным научным центром «Донской» (г. Зерноград) и ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (г. Уссурийск).

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве, на 2020 год включено 69 сортов риса, из них 32 сорта создано селекционерами ФГБНУ «ФНЦ риса». Это такие сорта, как Партнёр, Исток, Патриот, Наутилус, Кумир с потенциалом урожайности до 110–120 центнеров гектара.

Эффективность селекционной работы напрямую зависит от использования методов классической селекции (гибридизация, отбор, испытание селекционного материала на стрессовых фонах и т.д.) и современных биотехнологических подходов: экспериментальная гаплоидия, маркер-опосредованная и геномная селекция. Внедрение указанных технологий в селекционные схемы риса повышает эффективность и ускоряет селекционный процесс. Для выведения сорта риса требуется в среднем 8 лет, ещё два-три года занимает процесс государственных сортовых испытаний для регистрации в Государственном реестре допущенных к использованию селекци-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

онных достижений. Реалии современного рынка семян диктуют острую необходимость интенсификации селекционного процесса.

Наиболее очевидное изменение, на которое селекционеры должны реагировать, - это появление новых рас и биотипов патогенов и вредителей, которые преодолевают устойчивость у существующих сортов [4, 5].

В Федеральном научном центре риса проводятся исследования по созданию сортов с высоким потенциалом урожайности и разным набором генов устойчивости к пирикулярриозу. Это позволит проводить сортосмену каждые 5-6 лет и избегать эпифитотий. Кроме того, высокая устойчивость сортов к болезни позволит применять технологии с использованием высоких доз минеральных удобрений, обеспечивающих более полную реализацию урожайного потенциала сортов.

ФГБНУ «ФНЦ риса» совместно с филиалами: ФГБУ РПЗ «Красноармейский» им. А.И. Майстренко и ФГБУ ЭСОС «Красная» ежегодно производит семена риса высших репродукций в количестве 5,5 тыс. тонн. Такой объем производства семян позволил довести насыщение посевов риса элитными семенами в Краснодарском крае до 18-20 %, что решило проблему засоренности посевов краснозерными формами. За последние годы удалось снизить этот показатель с 38 до 2,4 %, что существенно повысило качество крупы, вырабатываемой из отечественного риса.

Указом Президента России В.В. Путина от 21 января 2020 г. № 20 утверждена Доктрина продовольственной безопасности, которая предусматривает состояние социально-экономического развития страны, при котором обеспечивается продовольственная независимость Российской Федерации, гарантируется физическая и экономическая доступность для каждого гражданина страны пищевой продукции, соответствующей обязательным требованиям, в объемах не меньше рациональных норм потребления пищевой продукции, необходимой для активного и здорового образа жизни.

Отрасль рисоводства агропромышленного комплекса России является самодостаточной отраслью, которая на 100 % обеспечивает крупой риса собственное население. Устойчивое развитие рисоводства Краснодарского края обеспечивает продовольственную независимость на основе принципов научно обоснованного планирования; реализации экспортного потенциала с учетом приоритета самообеспечения страны отечественными рисопродуктами.

Таким образом, в России есть все предпосылки для дальнейшего развития рисоводства: орошаемые площади – 220–230 тыс. га, современные высокоурожайные сорта риса, семена высших репродукций, научно-обоснованные технологии возделывания и обеспеченность ресурсами.

Вместе с тем, необходимо осуществлять ежегодный мониторинг, прогнозирование и контроль в сфере обеспечения продовольственной безопасности с учетом меняющейся конъюнктуры на мировом рынке риса, изменений природно-климатического характера.

Список литературы.

1. Жученко, А.А. М.: Адаптивное растениеводство. (Эколого-генетические основы) Теория и практика. М.: Агрорус, 2008, 2009. Т. 1. 814 с, Т.2. 1098 с, Т.3. 958 с
2. Bairagi, Subir. Climate risk management strategies and food security: Evidence from Cambodian rice farmers / Subir Bairagi, Ashok K. Mishra, Alvaro Durand-Morat// Food Policy, Volume 95, 2020, 101935, ISSN 0306-9192, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101935>.
3. Aaron M. Shew, Environmental Science & Policy, Volume 95, May 2019, Pages 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.02.004>.
4. Pooja, K., Past, present and future of rice blast management/ K. Pooja, A. Katoh // Plant Sci. Today. Volume 1, Issue 3, P.165-173. 5. Custodio, M. Improving food security in Asia through consumer-focused rice breeding (Review)/ M. Custodio, M. Demont, A. Laborte, J. Ynion// Global Food Security. Volume 9, 1 June 2016, P. 19-28. DOI: 10.1016/j.gfs.2016.05.005.

**Эколого – продукционный потенциал сортов
льна-долгунца в условиях Тюменской области**
**Ecological and productive potential of the fiber flax varieties
in the Tyumen region**

Королев К.П.

ФГАУ ВО «Тюменский государственный университет»

АННОТАЦИЯ. Выявление экологически адаптированных сортов льна с высоким уровнем продуктивности позволяет повысить эффективность селекционного процесса за счет наличия источников фенотипической и генотипической изменчивости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лен, адаптивность, стабильность, продуктивность.

ANNOTATION. Identification of ecologically adapted flax varieties with a high level of productivity allows increasing the efficiency of the selection process due to the availability of sources of phenotypic and genotypic variability.

KEYWORDS: flax, adaptability, stability, productivity

Лен – долгунец ценная волокнистая культура, обладающая высоким потенциалом для сельского хозяйства. В Тюменской области первые сведения по опыту выращивания льна относятся к XIX в [1,2]. В советский период, посевы льна в южной части области достигали тысячи гектаров, работали перерабатывающие и семеноводческие предприятия. В настоящее время, в отдельных фермерских хозяйствах проводятся попытки выращивания льна, однако отсутствие районированных сортов, и современной технологии сдерживает развитие представленного направления. Данные обстоятельства требуют научного обеспечения производства льна, что и было одним из основополагающих факторов для проведения исследований.

Материала и методика. В качестве объекта исследований нами использованы 60 образцов льна – долгунца различного эколого – географического происхождения из коллекционного фонда Института биологии Тюменского государственного университета.

Полевые исследования проводились в 2017-2019 гг. на опытном полигоне изучения генетических ресурсов растений «Биостанция «Озеро Кучак» (Нижнетавдинский р-н, Тюменская область). Почва опытного участка дерново-подзолистая, супесчаная. Повторность опыта – трехкратная, учетная площадь делянки – 1м², размещение – рендомизированное. Предшественник – озимые (пшеница, тритикалле) и яровые (ячмень) зерновые культуры. Метеорологические условия в годы исследований характеризовались различиями по среднесуточной температуре воздуха, количеству выпавших осадков. За-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

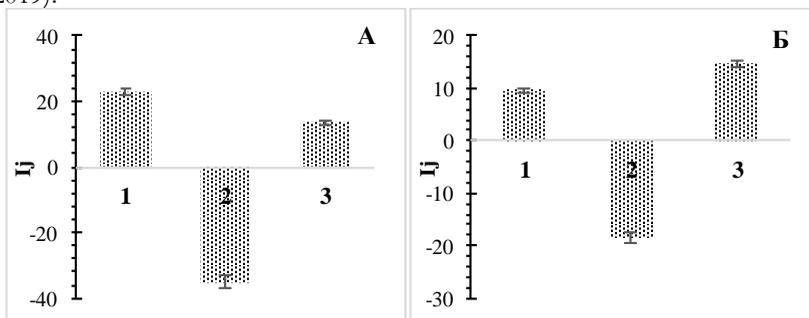
кладку полевых опытов, проведение сопутствующих учетов и наблюдений выполняли в соответствии с Методическими указаниями [3].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Достехова [4]. Достоверность различий между сортами определяли с использованием t-критерия Стьюдента. Выявление экологической адаптивности и пластичности сортов льна – долгунца проводили по методике Eberhart S.A, Russel W.A. [5].

Результаты исследований. Согласно результатов трехфакторного дисперсионного анализа установлены достоверности факторов «генотип» (А), «среда» (В) в формирование признака «урожайность соломы». На урожайность трессы наибольшее достоверное влияние оказывали фактор «среда» (В) и взаимодействие факторов «генотип x среда» (АxВ).

Высокий потенциал урожайности соломы у сортов льна – долгунца был сформирован в 2017 году ($I_j = 23,0$); В 2019 г. ($I_j = 14,7$) по урожайности трессы (Рисунок). Менее благоприятные условия сложились в 2018 году, в котором получен минимальный уровень реализации продукционного статуса растений.

Рисунок 1 – Индексы среды (I_j) у сортов льна – долгунца по урожайности соломы (А) и урожайности трессы (Б). Годы исследования: 1 (2017); 2 (2018); 3 (2019).



Среднее популяционное значение у сортов по признаку «урожайность соломы» составило от 186,6 г/м² до 261,5 г/м². При этом, по данному показателю у 43,3 % (26 шт.) сортов проявление признака было выше среднего, у 41,6 % (25 шт.) ниже, остальные 15,1% (9 шт.) были на уровне. Следует отметить максимальный уровень урожайности соломы у сортов Глнум, Alizee, Норд, Смолч, Мара, Грант.

Урожайность трессы по годам исследований варьировала в пределах от 112,9 г/м² (2018 г.) до 147,9 г/м² (2019 г.) при среднем значении по коллекции 133,2 г/м². Высокой урожайностью характеризовалось 31,6 % (19 шт.), минимальной 46,6% (28 шт.), остальные 21,8 % (13 шт.) были на уровне среднего.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

В качестве перспективных источников для селекционного процесса и производства можно выделить сорта Глиnum, Alizee, Норд, ТООТ-4, Drakkar.

Согласно проведенных расчетов, было выделено несколько экологических групп сортов льна – долгунца по изучаемым критериям.

В группу нестабильных генотипов ($b_i < 1$, $S^2d_i = 0$) по урожайности соломы отнесено 27 сортов, или 45,0 %. Стабильным (группа $b_i = 1$, $S^2d_i = 0$) типом характеризовалось 2 сорта (3,3 %). К нестабильным, с высокой отзывчивостью на изменение факторов среды (группа $b_i > 1$, $S^2d_i = 0$), вошло 31 шт., что составило 51,6 % от общего объема изученных.

По урожайности трессы сорта были отнесены к нестабильным (I группа), и (III группа) в которую вошло 34 шт. (56,6 %) и 26 шт. (43,4 %) соответственно. Сорт, с высоким уровнем стабильности нами не определено.

Таким образом, проведенные исследования позволили нам установить возможность получения урожайности соломы, трессы в условиях юга Тюменской области. Выявлен вклад факторов среды в максимальную степень проявления изучаемых количественных признаков, а также реакция сортов на изменчивость условий выращивания. Установлены сорта – источники, которые будут использованы в качестве родительских форм при проведении межсортной гибридизации.

Список литературы.

1. Аксарин В.В., Королев К.П. Льноводство на севере Западной Сибири в первой половине XX в.: исторический аспект / В.В. Аксарин, К.П. Королев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. – № 2. – С. 308-311.
2. Аксарин В.В., Королев К.П. Исторические аспекты развития льноводства в Тобольской губернии во второй половине XIX века / В.В. Аксарин, К.П. Королев // Научный диалог. 2019. – № 12. – С. 211-229.
3. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / В.З. Богдан [и др.]; под общ. ред. В.З. Богдана. – Устье: Ресубл. унитар. предпр. «Ин-т льна», 2011.–12 с.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов – Москва: Колос 1972.– 399 с.
5. Eberhart S., Russel W. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci., 1966. Vol. 6. –№1. – P. 36

Признаки качества новых среднезерных сортов риса Наутилус, Аполлон, Эльбрус, выращенных в экологическом сортоиспытании РПЗ «Красноармейский»

Краснодарского края

Quality indicators of new medium-grained rice varieties Nautilus, Apollo, Elbrus, grown in the ecological variety testing of the RPP «Krasnoarmeysky» of the Krasnodar territory

Кумейко Т.Б., Туманьян Н.Г.

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

АННОТАЦИЯ. Было изучено качество среднезерных новых сортов риса селекции ФГБНУ «ФНЦ риса», выращенных в 2018 г. в экологическом сортоиспытании РПЗ «Красноармейский» Краснодарского края. Сорта риса были различны по качеству зерна и крупы. Высокое качество по предшественникам - озимая пшеница, соя, люцерна 2-го года имел сорт риса Эльбрус.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рис, сорт, экологическое сортоиспытание, предшественник, качество зерна и крупы.

ANNOTATION. The quality of medium-grained new rice varieties selected by the Federal Scientific Rice Centre grown in 2018 was studied in the ecological variety testing of the "Krasnoarmeysky" RPZ of the Krasnodar territory. Rice varieties had significantly different characteristics of grain quality. The best quality of its predecessors-winter wheat, soy, alfalfa of the 2nd year - the Elbrus rice variety.

KEYWORDS: rice, variety, ecological variety testing, precursor, grain size, filamentous, glassy, endosperm fracture, total yield.

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию «Сорта растений» на 2019 г., находится 35 сортов риса кубанской селекции [1]. Во многих странах мира, где выращивают рис, постоянно ведут селекцию сортов с высокими признаками качества и разрабатывают для них технологии возделывания в разных регионах рисосеяния [5, 6]. Для получения урожаев с высоким качеством необходимо изучать технологические признаки в экологических сортоиспытаниях различных районов Краснодарского края.

Цель исследования – дать оценку признакам качества зерна и крупы риса у Наутилуса, Аполлона, Эльбруса селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и выявить лучший предшественник в экологическом сортоиспытании.

Материалы и методы исследования – зерно и крупа сортов селекции Федерального Научного Центра риса: Наутилус, Аполлон, Эльбрус и Флаг-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

ман (стандарт), выращенные в 2018 г. в экологическом сортоиспытании РПЗ «Красноармейский» Краснодарского края. Дозы азотного удобрения: по предшественнику озимая пшеница в основное вносили ($N_{110}P_{90}$) карбамид+аммофос, первая подкормка - (N_{130}) карбамид, вторая подкормка (N_{70}) карбамид; по предшественнику соя в основное - 85 кг/га аммофоса, 110 кг/га карбамида, подкормка - 120 кг/га карбамида; по предшественнику люцерна 2-го года в основное 85 кг/га аммофоса (N_{40}), в подкормку - 100 кг/га карбамида (N_{46}). Посев произведен в период с 27.04.2018 г. по 03.05.2018 г. Залив чеков в период с 29.04.2018 г. по 09.05.2018 г. Уборку проводили 12.09.2018 - 14.09.2018 г. Характеристика почвенного участка экологического сортоиспытания: лугово-черноземная, общий гумус - 3,0 %, общий азот - 0,21 %, общий фосфор - 0,19 %, рН - 7,4. Сеяли рядовым способом. Выращивали рис при укороченном затоплении. Массу 1000 зерен, пленчатость, стекловидность определяли по ГОСТам [2-4], трещиноватость на диафаноскопе ДСЗ-3. Выход и качество крупы определяли на установке ЛУР-1М. Для обработки данных исследований использовали методики Дзюбы В.А. [5].

Результаты исследований. Результаты по качеству зерна фреднезерных сортов риса Наутилус, Аполлон, Эльбрус экологического сортоиспытания РПЗ «Красноармейский» Краснодарского края урожая 2018 г. представлены в таблицах 1, 2, 3.

Сорта риса Наутилус, Аполлон, Эльбрус по предшественникам имели среднюю массу по крупности зерновки. В урожае 2018 года у Наутилуса масса 1000 а. с. зерен варьировала от 24,7 г до 25,3 г, у Аполлона - от 24,8 г до 25,5 г, у Эльбруса - от 23,7 г до 25,4 г. Пленчатость у всех сортов по вариантам опыта была до 20,0 % (средняя). Высокой изменчивостью различались сорта по признаку качества «стекловидность», у сортов риса по предшественнику озимая пшеница высокая у стандарта Флагман - 95 %, у Наутилуса - 94 % и по предшественнику соя у стандарта Флагман - 94 %, у Аполлона по всем предшественникам средняя (86-89 %) и низкая у Эльбруса (68-76 %). Трещиноватость эндосперма зерновки у стандарта Флагман и сорта Аполлон по вариантам низкая от 3 до 10 %, у сорта риса Наутилус по предшественникам озимая пшеница и люцерна 2-го года трещиноватость низкая 7 % и 6 % соответственно, а по предшественнику соя в два раза выше (12 %). У сорта риса трещиноватость эндосперма зерновки высокая по предшественнику соя (36 %), что на 13 % выше данных по предшественнику озимая пшеница и 7 % по предшественнику люцерна 2-го года. Высокие значения у всех сортов были по двум признакам по «общему выходу крупы» и «содержанию целого ядра в крупе» у сортов риса Наутилус, Аполлон, Эльбрус по всем вариантам опыта. Только у сорта риса Эльбрус по содержанию целого ядра в крупе по предшественнику люцерна 2-го года он ниже.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

Таблица 1 – Качество зерна и крупы сортов риса по предшественнику озимая пшеница, урожай 2018 г.

Сорт риса	Масса 1000 а.с з., г	Пленчатость, %	Стекло-видность, %	Трещиноватость, %	Общий выход крупы, %	Содержание целого ядра в крупе, %
Флагман (st)	26,1	20,1	95	8	68,0	92,2
Наутилус	25,3	20,0	94	7	70,6	95,8
Аполлон	25,5	17,6	86	6	71,8	98,3
Эльбрус	25,4	18,6	76	23	70,2	90,8
НСР ₀₅	0,34	1,13	1,5	1,3	0,94	1,12

Таблица 2 – Качество зерна и крупы сортов риса по предшественнику соя, урожай 2018 г.

Сорт риса	Масса 1000 а.с з., г	Пленчатость, %	Стекло-видность, %	Трещиноватость, %	Общий выход крупы, %	Содержание целого ядра в крупе, %
Флагман (st)	25,3	18,9	93	2	71,5	96,7
Наутилус	24,7	19,0	92	12	70,2	90,3
Аполлон	25,0	18,8	89	3	72,0	92,2
Эльбрус	24,8	17,8	73	36	72,0	92,2
НСР ₀₅	0,34	1,10	1,4	1,3	0,87	1,11

Таблица 3 – Качество зерна и крупы сортов риса по предшественнику люцерна 2-го года, урожай 2018 г.

Сорт риса	Масса 1000 а.с з., г	Пленчатость, %	Стекло-видность, %	Трещиноватость, %	Общий выход крупы, %	Содержание целого ядра в крупе, %
Флагман (st)	25,2	19,4	87	1	68,6	95,8
Наутилус	24,8	18,0	88	6	71,0	96,9
Аполлон	24,6	19,0	89	10	70,2	90,1
Эльбрус	23,7	18,2	68	29	70,4	81,0
НСР ₀₅	0,32	1,00	1,3	1,2	0,88	1,15

Механизмы адаптивной системы селекции растений

Выводы. Установлено качество зерна риса фреднезерных сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» по различным предшественникам в экологическом сортоиспытании РПЗ «Красноармейский» Краснодарского края в полевых условиях в 2018 года. Сорта достоверно обладали различным качеством зерна. В урожае 2018 г. у Эльбруса по предшественнику - соя увеличивается трещиноватость эндосперма зерновки до 36 %. Наилучшим по качеству зерна отмечен Наутилус при возделывании по разным предшественникам.

Список литературы.

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, Т. 1 "Сорта растений". - М.: ФГБНУ "Росинформагротех". - 2019, - 516 с
2. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен и 1000 семян; введ. 1999-07-01. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, - Зерно. Методы анализа, 2009. – 7 с
3. ГОСТ 10843-76. Метод определения пленчатости; введ. 1976-07-01. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 11 с
4. ГОСТ 10987-76. Метод определения стекловидности; введ. 1977-06-01. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 53 с
5. Дзюба, В.А. Многофакторный опыт и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба // Методические рекомендации (доп.). – Краснодар. – 2007. – 76 с
6. Сорта риса. Сорта и гибриды овощных и бахчевых культур: каталог / ФГБНУ «ВНИИ риса» – Краснодар: И.П. Профатиллов. - 2018. – 60 с
7. Aldas, Janaiiah Productivity impact of the modern varieties of rice in India / JanaiiahAldas, Mahabub Hossain, Kejiro Otsuka // The Developing Economies. – 2006. – Vol. XLIV-2. – P. 190-207.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1746-1049.2006.00013.x>.
8. Baishya, L. K. Yield, quality and profitability of rice (*Oryza sativa* L.) varieties grown in the eastern Himalayan region of India / L.K. Baishya, D. Sarkar, M. A. Ansan, N. Prakash // African Journal of Agricultural Research. - 1990. – Vol. 10 (11). – P. 1177 – 1183
http://www.academicjournals.org/article/article1426761473_Baishya%20et%20al.pdf.

Оценка полиморфизма генов семейств SAD и FAD у сортов и линий льна (*Linum usitatissimum* L.)

методом глубокого секвенирования.

Evaluation of polymorphism of SAD and FAD genes in flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars and lines using deep sequencing

Кезимана П.^{1,2}, Рожмина Т. А.^{1,3}, Краснов Г. С.¹,
Повхова А. В.^{1,4}, Новаковский Р. О.¹, Пушкова Е. Н.¹,
Жученко А. А.⁵, Bjelková M.⁶, Pavelek M.⁶,
Дмитриев А. А.¹, Мельникова Н. В.¹

¹ФГБУН Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта
Российской академии наук

²ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов

³ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

⁴Московский физико-технический институт
(Национальный исследовательский университет)

⁵ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт
садоводства и питомниководства»

⁶Agritec, Plant Research LTD

АННОТАЦИЯ. Методом глубокого секвенирования проведена оценка полиморфизма генов *SAD1*, *SAD2*, *FAD2A*, *FAD2B*, *FAD3A* и *FAD3B* для представительной выборки из 279 сортов и линий льна (*Linum usitatissimum* L.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лен, *Linum usitatissimum* L., гены *SAD* и *FAD*, генетический полиморфизм.

ANNOTATION. Assessment of polymorphism of *SAD1*, *SAD2*, *FAD2A*, *FAD2B*, *FAD3A*, and *FAD3B* genes was performed for representative set of 279 flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars and lines using deep sequencing.

KEYWORDS: flax, *Linum usitatissimum* L., *SAD* and *FAD* genes, genetic polymorphism.

Введение

Лен (*Linum usitatissimum* L.) выращивается для получения волокна и семян во многих странах. Семена льна содержат линоленовую, линолевую, олеиновую, стеариновую и пальмитиновую кислоты [1]. Льняное семя используется для производства фармацевтических препаратов, пищевых продуктов, кормов для животных, а также красок, лаков, биодизеля и композитных материалов. Именно жирнокислотный состав масла определяет направление исполь-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

зования семян. Помимо традиционных сортов с высоким содержанием линоленовой кислоты (50-60 %), созданы сорта с низким (около 5%) и средним (30-40 %) ее содержанием, представляющие ценность для пищевой промышленности благодаря повышенной устойчивости к окислению и большим срокам хранения масла [1, 2]. Десатуразы жирных кислот играют ключевую роль в синтезе олеиновой, линолевой и линоленовой кислот и определяют состав масла [3]. Стеаронил-АСР-десатуразы (SAD) катализируют превращение стеариновой кислоты в олеиновую, а десатуразы жирных кислот 2 и 3 (FAD2 и FAD3) ответственны за десатурацию олеиновой кислоты до линолевой и линолевой до линоленовой, соответственно. Полиморфизмы генов семейств *SAD* и *FAD* ассоциированы с жирнокислотным составом льняного масла [4-6], однако данные о генетическом разнообразии этих генов и их влиянии на содержание жирных кислот весьма ограничены, что затрудняет разработку подходов для маркер-ориентированной селекции сортов льна с заданным жирнокислотным составом.

Высокопроизводительное секвенирование является мощным инструментом для изучения генетического разнообразия, разработки молекулярных маркеров и внедрения новых подходов в селекцию растений. Таргетное глубокое секвенирование ампликонов основано на подготовке ДНК-библиотек путем амплификации выбранных участков генома с использованием уникальных для каждого образца индексов и последующим их секвенированием в одном запуске прибора, что позволяет одновременно провести анализ десятков участков генома у нескольких сотен образцов, а также преодолеть сложности, связанные с полиплоидностью геномов растений и высокой степенью дупликации их генов.

Материалы и методы

Сформирована репрезентативная выборка, включающая 279 сортов и линий льна из коллекции Института льна (г. Торжок). Выделение ДНК проводили методом ЦТАБ из пуда проросков (50 или более) для каждого образца. Для амплификации генов *SAD1* и *SAD2*, *FAD2A* и *FAD2B*, *FAD3A* и *FAD3B* использовали 40 пар праймеров [7]. Для добавления к полученным ампликонам необходимых для секвенирования последовательностей ДНК и уникальных для каждого сорта/линии индексов использовали универсальные праймеры Nextera XT v2. Такая система двойного индексирования (https://support.illumina.com/downloads/16s_metagenomic_sequencing_library_preparation.html) позволяет существенно снизить стоимость подготовки ДНК-библиотек. Качество и концентрацию полученных библиотек ДНК оценивали на биоанализаторе Agilent 2100 (Agilent Technologies, США) и флуориметре Qubit 2.0 (Life Technologies, США). Секвенирование проводили на приборе MiSeq (Illumina, США). Длина прочтений составила 300 + 300 нуклеотидов.

Для обработки данных глубокого секвенирования генов семейств *SAD* и *FAD* полученные прочтения обрезали по качеству и фильтровали по длине в

Механизмы адаптивной системы селекции растений

приложении Trimmomatic, а затем картировали на референсный геном льна из базы NCBI (сборка GCA_000224295.2/ASM22429v2) с использованием BWA-MEM. Поиск полиморфизмов проводили приложением VarScan. Для дальнейшего анализа учитывали полиморфизмы, представленные хотя бы в одном образце с частотой не менее 20 %.

Результаты и обсуждение

Проведена обработка данных высокопроизводительного секвенирования генов *SAD1*, *SAD2*, *FAD2A*, *FAD2B*, *FAD3A* и *FAD3B*, вовлеченных в синтез жирных кислот, для 279 сортов и линий льна, в том числе 84 образцов, контрастных по жирнокислотному составу (содержание пальмитиновой кислоты варьировало от 5,0 % до 7,6 %, стеариновой – от 2,7 % до 6,4 %, олеиновой – от 12,9 % до 24,0 %, линолевой – от 11,9 % до 72,4 % и линоленовой – от 2,7 % до 65,3 %; данные опубликованы в работе [7]), и 195 сортов и линий, обладающих ценными характеристиками и представляющих селекционную значимость. В среднем получено 400-кратное покрытие исследуемых генов. С использованием приложения VarScan выявлено следующее число полиморфизмов: *SAD1* – 14, *SAD2* – 14, *FAD2A* – 21, *FAD2B* – 11, *FAD3A* – 101, *FAD3B* – 71. Как видно, наибольшим генетическим разнообразием характеризовались гены *FAD3A* и *FAD3B*. Необходимо отметить, что выборка из 84 сортов, контрастных по жирнокислотному составу масла, максимально охватывала разнообразие генов семейств *SAD* и *FAD* – для остальных 195 проанализированных сортов и линий льна не удалось выявить полиморфизмов, которые отсутствовали бы в выборке из 84 сортов. Используемый нами подход, основанный на секвенировании ДНК, выделенной из пулов растений (около 50 для каждого образца), позволил оценить гетерогенность сортов и линий. Большинство исследованных образцов было гетерогенно по крайней мере по одному из секвенированных генов.

Полученные результаты являются основой для генетической паспортизации сортов и линий льна, контроля сортовой чистоты при размножении сортов, очистки сортов от примесей, подбора родительских пар для скрещиваний и маркер-ориентированной селекции сортов льна пищевого и/или промышленного назначения с необходимым содержанием жирных кислот в масле.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 17-29-08036, секвенирование генов *SAD* и *FAD*) и РНФ (грант 16-16-00114, секвенирование геномов и транскриптомов, использованных для подбора праймеров и определения экзон-интронных границ).

Список литературы.

1. Muir A.D., Westcott N.D. Flax: the genus *Linum*. - London: UK: Taylor & Francis, 2003. - 320 с
2. Fombuena V., Petrucci R., Dominici F., Jorda-Vilaplana A., Montanes N., Torre L. Maleinized Linseed Oil as Epoxy Resin Hardener for Composites with

Механизмы адаптивной системы селекции растений

High Bio Content Obtained from Linen Byproducts//Polymers (Basel). - 2019. - № 11. - С. 1-18.

3. Shanklin J., Cahoon E.B. Desaturation and Related Modifications of Fatty Acids//Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. - 1998. - № 49. - С. 611-641.

4. Thambugala D., Duguid S., Loewen E., Rowland G., Booker H., You F.M., Cloutier S. Genetic variation of six desaturase genes in flax and their impact on fatty acid composition//Theor Appl Genet. - 2013. - № 126. - С. 2627-2641.

5. You F.M., Xiao J., Li P., Yao Z., Jia G., He L., Kumar S., Soto-Cerda B., Duguid S.D., Booker H.M., Rashid K.Y., Cloutier S. Genome-Wide Association Study and Selection Signatures Detect Genomic Regions Associated with Seed Yield and Oil Quality in Flax//Int J Mol Sci. - 2018. - № 19. - С. 1-24.

6. Пороховинова Е.А., Шеленга Т.В., Косых А.А., Санин А.А., Казарина А.В., Кутузова С.Н., Павлов А.В., Брач Н.Б. Биохимическое разнообразие льна по жирнокислотному составу семян в генетической коллекции ВИР и влияние условий среды на его проявление//Экологическая генетика -2016. - № XIV. - С. 13-26.

7. Dmitriev A.A., Kezimana P., Rozhmina T.A., Zhuchenko A.A., Povkhova L.V., Pushkova E.N., Novakovskiy R.O., Pavelek M., Vladimirov G.N., Nikolaev E.N., Kovaleva O.A., Kostyukevich Y.I., Chagovets V.V., Romanova E.V., Snezhkina A.V., Kudryavtseva A.V., Krasnov G.S., Melnikova N.V. Genetic diversity of SAD and FAD genes responsible for the fatty acid composition in flax cultivars and lines//BMC Plant Biol. - 2020. - № 20. - 301. - С. 1-12.

Адаптивная гербология в Венгрии Adaptive herbology in Hungary

Янош Молнар

Компания Молнар АГД, Будапешт, Венгрия

АННОТАЦИЯ. Адаптивная гербология в Венгрии: это уникальная научная школа гербологов Д-ра Миклош Уйвароши (1913-1981). Его ученики продолжают и развивают научную деятельность профессора. Потребность во встречах переросла в серию регулярных встреч гербологов, где бы они не работали.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гербология, научная школа гербологов, сорная флора, курсы по сорнякам, национальный учет сорняков.

ANNOTATION. Adaptive Herbology in Hungary: This is the unique scientific school of herbologists Dr. Miklós Ujvárosi (1913-1981). His students continue and develop the scientific activity of the professor. The need for meetings has grown into a series of regular meetings for herbologists wherever they work.

KEYWORDS: herbology, scientific school of herbologists, weed flora, weed courses, national weed survey.

В 1980-х годах была создана уникальная и успешная научная школа гербологов вокруг профессора гербологии, Д-ра Миклош Уйвароши (1913-1981). В 1965 году Служба защиты растений обратилась за помощью по гербологии к Академии наук Венгрии. Д-р Миклош Уйвароши провел первые 4 курса гербологов по Венгрии для сбора около 700 видов сорняков. После его смерти в 1981 г., его ученики занимаются организацией учебы гербологов и учета сорняков. Такого рода национальный учет сорняков с единой научной методикой стал регулярно в Венгрии.

Последние 40 лет мы ежегодно проводим профессиональные встречи и программы свободного времени для всех около 200 гербологов в Венгрии. Издаем научный журнал по гербологии, проводим научные конференции. Это адаптивная гербология в Венгрии: то есть выживают те, которые быстрее адаптируются.

К сожалению Д-р Миклош Уйвароши (1913-1981) в детстве получил спинномозговой паралич, поэтому он был парализован, всю жизнь ходил с помощью двух палок. Сила воли у него была беспрецедентная: в 19 лет он окончил среднюю школу, в 24 г. он стал учителем средней школы, в 26 г. он получил квалификацию по ботанике, он практикант в университете, но преподавал ботанику, проводя исследования естественной растительности и публиковал.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

В 1939-1953 гг. Д-р Миклош Уйвароши преподавал по ботанике в университетах и изучал ценологию сорняков. В 1947-1953 гг. он провел первый учет сорняков полей озимой пшеницы и кукурузы. В 1951 г. он выпустил книгу «Важнейшие полевые сорняки» (220 видов) [1] и за это в 1952 г. он стал кандидатом наук. В 1957 он выпустил книгу «Сорняки, борьба с сорняками» [2], но для него было важнее опубликовать статьи.

В 1953-1979 гг. он работал заместителем директора Института Ботаники, с Вацратот, и одновременно там же заведующим ботаническим садом. В 1973 г. он выпустил книгу «Сорняки» (805 видов) [3] и «Борьба с сорняками» [4] и за это в 1973 г. он стал доктором наук и получил государственную премию, но конечно, для него опять было важнее опубликовать статьи.

С 1965 г. началось образование научной школы по гербологии в Венгрии. В разное время всего 11 человек участвовали в индивидуальных курсах по сорнякам у Д-ра Миклош Уйвароши. С 1967 г. начались групповые курсы по сорнякам (I-й 1967-1968 гг. 6 человек, II-й 1968-69 гг. 17 чел., III-й 1975-76 гг. 17 чел., IV-й 1980-81 гг. 12 чел.). В 1969-71 гг. проводился второй национальный учет сорняков полей озимой пшеницы и кукурузы. К сожалению Д-р Миклош Уйвароши умер 15 августа 1981 г. в Будапеште.

На прощальном ужине нашей IV-й группы курса сорняков родилась идея поддерживать связь друг с другом и в дальнейшем, поэтому я начал свою организационную работу. В 1984 году было основано Общество знаний о сорняках Д-ра Миклош Уйвароши, чтобы сохранять, продолжать и развивать научную деятельность профессора. Набор членов происходил с рекомендациями двух гербологов: прошел курс по сорнякам или нет, но главное – он или она герболог в духе. С 1985 г. уже ученики проводили V-XII. групповой курс по сорнякам. С 1987 г. тоже ученики проводили учеты сорняков полей озимой пшеницы и кукурузы (третий: 1987-88, четвертый: 1996-97, пятый: 2007-08, шестой: 2018-19). В 2020 г. уже проведена 37-я встреча Фонда Д-ра Миклош Уйвароши.

Цель курсов по сорнякам для подготовки гербологов: обучить гербологов единому биологическому подходу, основанному на знаниях биологии, экологии и ценологии сорняков. Во время обучения (3 x 5 = 15 недель) преодолели 20 000 км на машине и смогли познакомиться с примерно до 800 видов сорняков. Сбор и обработка сорняков послужили основой для разработки сравнительной гербологической коллекции для каждого участника. Элементы знаний школы сорняков на уровне знаний: вопросы морфологических, таксономических, экологических и фитогеографических наук; на уровне владения: приобретение родов домашней флоры, из которых происходят виды сорняков; на уровне навыков: признание видов сорняков от семян до цветковых и семенных растений. Курс завершился экзаменом, дипломы подписали Д-р Балинт Надь, заведующий главным управлением Министрства с/х Венгрии и Д-р Миклош Уйвароши.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

Метод национального учета сорняков полей озимой пшеницы и кукурузы: Сорная флора исследована тем же методом, начиная со второго учета сорняков в тех же 202 населенных пунктах. Д-р Миклош Уйвароши разработал методы учета сорняков, чтобы поля были выбраны из 17 типов и подтипов почв на основе генетической карты почв Венгрии. Для озимой пшеницы и кукурузы во всех выбранных окрестностях указано 10-10 квадратов образцов, проверялись только проценты покрытия сорняками, использовались квадраты 4 x 4 метра, квадраты были исключены из борьбы с сорняками. Учеты проводились в начале лета и в конце лета более 50 гербологами. Для уменьшения воздействия экстремальных погодных условий учеты проводились в течение двух лет. Результаты публикуются в научных журналах и книгах [7].

В 2020 г. уже проведена 37-я, 2,5 дневная встреча Фонда Д-ра Миклош Уйвароши за окружающую среду, свободную от сорняков, и 26-я Конференция Венгерского общества исследователей сорняков. Размещение в гостинице и переезд за свой счет, а участие спонсируется. Проводятся учредительные и корпоративные собрания и общие собрания. Вручаются профессиональные награды Д-ра Миклош Уйвароши для пожилых коллег, за его/ее творчество, Д-ра Карой Хуньяди для молодых коллег, привлекающая внимание начала работ и Золотой значок семядоля за выдающуюся профессиональную деятельность. Послушаем научные и научно-популярные профессиональные презентации по гербологии. Проводим заседание рабочей группы по устойчивости к гербицидам и заседание редакционной коллегии журнала исследований и технологий сорняков. Организуется выставка и конкурс профессиональных фотографий по гербологии. Проводится дегустация домашнего вина, палинки и салями произведенных с гербологами. Занимаемся спортом в тренажерном зале и плаваем в бассейне. Заключительный ужин заканчивается с пением народных песен и танцами чардаша.

Я собрал документы Д-ра Миклош Уйвароши, состоящие в общей сложности из 50 предметов и официально зарегистрировал в Музее защиты растений в с. Венеция в Венгрии. Мемориальная комната Д-ра Габор Фекете была открыта в с. Вацратот в 2019 г., где возможно исследовать научное наследие Д-ра Балинт Зоёми, Д-ра Миклош Уйвароши и Д-ра Реже Шо, изучив профессиональные материалы гербологов, размещенные в трех комнатах, имея официальное разрешение на исследование.

Надеюсь, мне удалось подробно объяснить, как работает адаптивная гербология в Венгрии, в форме научной школы гербологов. Я написал предварительную статью [5] для Венгерского журнала «Защита растений» о сборе документов по созданию школы гербологов Д-ра Миклош Уйвароши и размещении документов в Музее защиты растений. Об этом же я написал и подробную статью [6] в «Венгерском журнале исследований и технологий сорняков».

Механизмы адаптивной системы селекции растений

Я рад, что в августе 1981 года у нас, у участников IV. курса по сорнякам возникла потребность во встречах, и это переросло в серию регулярных профессиональных встреч коллег, гербологов, где бы они не работали. Мне также приятно, что организованные мною профессиональные встречи собираются регулярно, такие как упомянутые встречи гербологов с 1984 г., а также конференция „Дни науки о защите растений” 1980 г., встречи форума CEUREG с 1994 г., университета (ГСХА) с 1979 г., с/х техникума с 1979 г.; и также встречи пенсионеров с 2011 г., где я учился и работал.

Список литературы.

1. Д-р Миклош Уйвароши: Наши самые важные полевые сорняки, Сельскохозяйственное издательство, 1951 г.
2. Д-р Миклош Уйвароши: Сорняки, борьба с сорняками, Сельскохозяйственное издательство, 1957 г.
3. Д-р Миклош Уйвароши: Сорняки, Академическое издательство, 1973 г.
4. Д-р Миклош Уйвароши: Борьба с сорняками, Академическое издательство, 1973 г.
5. Д-р Янош Молнар: Предварительная информация о том, что документы Д-ра Миклош Уйвароши по созданию школы гербологов были отправлены в Музей защиты растений в Венеции, Венгерский журнал по защите растений 2020, 81 (N.S. 56): 7. 338-339.
6. Д-р Янош Молнар: Документы по созданию школы гербологов Д-ром Миклош Уйвароши были отправлены в Музей защиты растений в Венеции, Венгерский журнал исследований и технологий сорняков 2020. 21. № 1 79-91.
7. Dr. Róbert Novák at all: Arable Weeds of Hungary, Fifth National Weed Survey (2007-2008) pages 1-95.

Содержание амилозы в зерне и амилографические характеристики новых сортов риса Аполлон, Наутилус и Эльбрус урожая 2018 г., выращенных в Красноармейском районе Краснодарского края
Amylose content in the grain and amylographic characteristics of new rice varieties Apollon, Nautilus and Elbrus, grown in 2018 in Krasnoarmeysky district, Krasnodar region

Папулова Э.Ю., Ольховая К.К.

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

АННОТАЦИЯ. Оценка сортов риса по основным биохимическим и физико-химическим показателям признаков качества позволила выделить сорт Эльбрус, который отличался повышенным содержанием амилозы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рис, физико-химические свойства, качество зерна, вязкость крахмальной дисперсии.

ANNOTATION. Evaluation of rice varieties by basic biochemical and physico-chemical indicators of quality traits allowed us to distinguish the variety Elbrus which was distinguished by increased amylose content.

KEYWORDS: rice, physico-chemical properties, grain quality, viscosity of starch dispersion.

На Кубани около 40 % всего урожая зерна риса приходится на Красноармейский район, а это средним 330 тыс. тонн. Под эту культуру здесь выделено более 48 тыс. га. [1].

За потребительские достоинства рисопроductов отвечают такие признаки, как «содержание амилозы» и «амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна риса» [2].

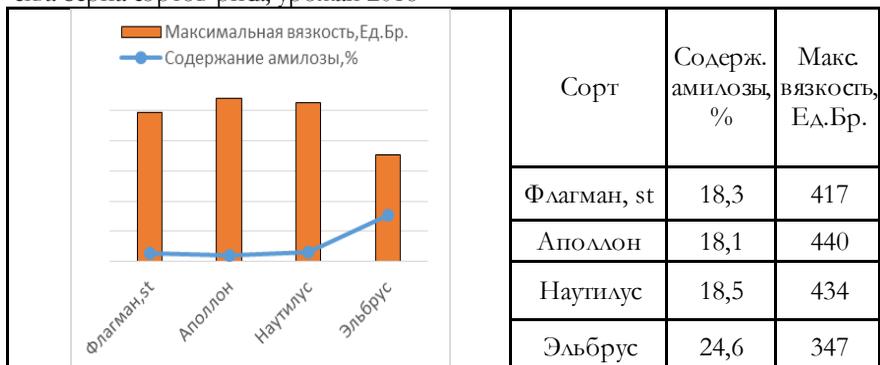
Целью исследований стала оценка сортов риса по основным биохимическим и физико-химическим признакам качества зерна сортов риса, выращенных в Красноармейском районе Краснодарского края.

В качестве материала для исследований использовали сорта селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» Флагман (стандарт), Аполлон, Наутилус, Эльбрус, выращенные в ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А.И. Майстренко в 2018 году. Определение содержания амилозы проводили по Julianо. Параметры вязкости отмечали с помощью микровискоамилографа Brabender (Германия).

Механизмы адаптивной системы селекции растений

Определяли содержание амилозы и одну из основных амилографических характеристик - максимальную вязкость крахмальной дисперсии зерна сортов риса. Полученные данные представлены на рисунке и в таблице.

Таблица 1 – Основные биохимические и физико-химические признаки качества зерна сортов риса, урожай 2018



По признаку «содержание амилозы сорта» изучаемые сорта риса практически не отличались. Исключением стал сорт Эльбрус, содержание амилозы которого достигло 24,6 %. Показатель этого признака у остальных сортов находился в пределах от 18,1 до 18,5 %. Максимальная вязкость крахмальной дисперсии зерна сортов риса варьировала от 347 Ед.Бр. у сорта Эльбрус до 440 Ед.Бр. у сорта Аполлон.

Таким образом, оценка сортов риса селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» по основным биохимическим и физико-химическим показателям признаков качества позволила выделить сорт Эльбрус, который отличался повышенным содержанием амилозы.

Список литературы.

1. Зелинская М.В., Варава А.В. Совершенствование организации управления сельским хозяйством в муниципальном образовании Красноармейский район // Научный журнал КубГАУ. – 2015. - №108(04). – С. 1072-1092.
2. González R.J., Livore A., Pons B. Physico-chemical and cooking characteristics of some rice varieties / Brazilian archives of biology and technology. 2004. - № 47 (1). - P 71-76.

**Селекция клоновых подвоев яблони
в Мичуринском государственном аграрном
университете: достижения и перспективы
Breeding of clonal apple rootstocks at Michurinsky
State Agrarian University: Achievements and Prospects**

Трунов Ю.В., Дубровский М.А., Соловьев А.В.

ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

АННОТАЦИЯ. Клоновые подвои яблони селекции Мичуринского государственного аграрного университета обладают высокой морозостойкостью и устойчивостью к заболеваниям, что позволяет успешно использовать их для создания интенсивных садов в любых регионах России и во многих странах мира.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: яблоня, интенсивные сады, подвой, селекция, морозостойкость.

ANNOTATION. Apple clonal rootstocks, bred by Michurinsky State Agrarian University, have high frost resistance and disease resistance, which allows them to be successfully used to create intensive gardens in any regions of Russia and in many countries of the world.

KEYWORDS: apple tree, intensive orchards, rootstock, selection, frost resistance.

Питомниководство является важнейшим звеном в производстве садовой продукции [3]. Ключевую роль в формировании высококачественного посадочного материала играет подвой, «фундамент» плодового дерева [1, 2, 4].

Селекцией слаборослых клоновых подвоев яблони для средней полосы России впервые занялся Иван Владимирович Мичурин в 1901 году [2]. В 30-е годы XX века данное направление исследований было продолжено Валентином Ивановичем Будаговским в Плодоовощном институте имени И.В. Мичурина (ныне Мичуринский государственный аграрный университет) под руководством профессора Николая Григорьевича Жучкова. В 1964 году в институте была открыта лаборатория селекции слаборослых клоновых подвоев яблони, которая функционирует и в настоящее время [1].

Целью научных исследований данной лаборатории является получение, изучение и выделение слаборослых клоновых подвоев яблони с комплексом хозяйственно-ценных признаков:

- карликовой или полукарликовой силой роста;
- высокой морозостойкостью и хорошей закоренностью корневой

Механизмы адаптивной системы селекции растений

системы;

- высокой укореняемостью отводков в маточнике;
- устойчивостью к основным биотическим и абиотическим стрессорам;
- высокой совместимостью с лучшими коммерческими сортами яблони;
- скороплодностью и повышенной урожайностью сорто-подвойных комбинаций.

Уникальный признак мичуринских подвоев – антоциановая окраска древесины и листьев (краснолиственность), что вызвано повышенным содержанием природных антиоксидантов – антоцианов [1]. Это повышает устойчивость подвоев к неблагоприятным природно-климатическим условиям и облегчает выявление поросли в питомнике [5].

В Мичуринском государственном аграрном университете организован комплексный селекционный процесс клоновых подвоев яблони – от гибридизации исходных форм в коллекционном саду до изучения семян в маточнике вертикальных отводков, а затем первичное сортоиспытание лучших выделенных подвоев и перспективных сорто-подвойных комбинаций на их основе в питомнике и в саду [7]. В настоящее время изучается более 5 тысяч гибридных семян, в первичном сортоиспытании находится 58 перспективных форм клоновых подвоев яблони.

В процессе получения исходного материала для селекции реализуются различные схемы скрещивания (карлик × карлик; карлик × полукарлик; полукарлик × карлик; полукарлик × смесь пыльцы карликов; видовая форма × карлик; карлик × видовая форма; видовая форма × видовая форма). Это позволяет добиться значительного генетического разнообразия семян в адвентивном маточнике и повысить эффективность искусственного отбора. Для повышения устойчивости создаваемых гибридных генотипов подвоев к негативным условиям окружающей среды в скрещиваниях в качестве одной из родительских форм используются дикорастущие виды яблони, являющиеся генетическими источниками ценных хозяйственно-биологических признаков. В родословных клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ присутствуют до пяти видов яблони, обеспечивающих их генетическое разнообразие и ценные свойства. В настоящее время генетическая коллекция университета пополнена 35 новыми формами рода *Malus* Mill., произрастающими в естественных условиях различных эколого-географических регионов мира.

В процессе селекции новых генотипов клоновых подвоев яблони проводятся комплексные научные исследования по изучению их клеток и тканей. С помощью метода искусственного промораживания в лабораторных условиях исследуется устойчивость корневой системы и однолетних приростов клоновых подвоев к повреждающему действию отрицательных температур. Изучаются особенности накопления крахмала в тканях побегов яблони как индикатора низкотемпературного стресса. Проводятся исследования устойчивости перспективных клоновых подвоев яблони к основным заболеваниям

Механизмы адаптивной системы селекции растений

(парше, мучнистой росе, бактериальному ожогу и др.), в том числе с помощью молекулярных маркеров, повышающих эффективность анализа и позволяющих выделить формы, являющиеся генетическими источниками и донорами ценных генов устойчивости. Усовершенствованы методы клонального микроразмножения и регенерации из соматических тканей клоновых подвоев яблони. Разрабатываются и оптимизируются методики тканевой селекции, установлены оптимальные концентрации хлорида натрия в качестве селективного агента на солеустойчивость для получения соматоклональных вариантов клоновых подвоев яблони в условиях *in vitro*. Методами индукции флуоресценции хлорофилла и люминесцентной микроскопии изучается устойчивость фотосинтезирующих тканей яблони к различным стрессорам. С помощью микроскопического анализа выявлены анатомические особенности древесины и листьев перспективных клоновых подвоев. На основе изучения процессов образования пыльцы у отдаленных межвидовых гибридов яблони выделены перспективные формы с ее наибольшим качеством (58-238, 60-160, 62-396, 71-3-130, 85-5-28, 85-11-9 и др.), рекомендуемые для их использования в качестве эффективных опылителей при искусственной гибридизации в рамках реализации селекционного процесса. Комплексное использование данных методов позволяет более эффективно отбирать ценные генотипы клоновых подвоев.

За долгие годы работы сотрудниками лаборатории создана уникальная генетическая коллекция ценных генотипов яблони и получен гибридный фонд, из которого районировано 24 формы подвоев из 50 допущенных к возделыванию на территории РФ клоновых подвоев яблони. Из них 8 слабо-рослых клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ запатентованы на территории РФ; на 2 формы (62-396 и 70-20-20) оформлены патенты США и зарегистрированы торговые знаки (соответственно – В10 и В119).

Лучшие мичуринские подвои яблони используются в большинстве регионов России и странах ближнего зарубежья, изучаются во Франции, Канаде, США, Польше, Голландии и др. [6] Самыми известными и широко распространенными подвоями селекции Мичуринского агроуниверситета как в России, так и за рубежом являются формы [7]:

54-118 – самый распространенный полударликовый/среднерослый краснолиственный подвой в России. Обладает высокой зимостойкостью и хорошей совместимостью с сортами. Деревья не нуждаются в опоре, начинают плодоносить на 3-...4-й год. За рубежом известен под названием В118.

62-396 – карликовый краснолиственный подвой с высокой зимостойкостью и хорошей совместимостью с основными сортами яблони. Древесина подвоя хрупкая, поэтому в саду необходима установка опор. Деревья, привитые на этом подвое, скороплодны и урожайны, как и на В9, но с лучшей якорностью корневой системы и большей устойчивостью к внешним факторам. В США подвой 62-396 запатентован под торговым названием В10®.

В9 (Парадизка Будаговского) – карликовый краснолиственный подвой с хо-

Механизмы адаптивной системы селекции растений

рошей совместимостью с районированными сортами яблони. Деревья требуют установки опор. В питомнике также используется в качестве интеркаллара – промежуточной всапки.

Посадочный материал на подвоях селекции Мичуринского государственного аграрного университета характеризуется следующими особенностями:

- высокая морозостойкость и зимостойкость корневой системы, выдерживающей до $-16...-18^{\circ}\text{C}$ – по данному признаку зарубежных аналогов клоновых подвоев нет;
- высокая устойчивость подвоев к бактериальному ожогу и парше;
- высокая совместимость подвоев с лучшими районированными и перспективными сортами яблони;
- ускоренное вступление в плодоношение – цветение саженцев на карликовых и суперкарликовых подвоях уже в питомнике, наступление периода товарного плодоношения в саду на 3-...5-й год;
- высокая урожайность (в условиях средней полосы России – в среднем от 250 до 400 ц/га).

В настоящее время в средней зоне садоводства России интенсивно ведётся закладка молодых яблоневых садов на подвоях 54-118 и 62-396.

Планируемая средняя урожайность многолетних насаждений яблони на подвоях различной силы роста составляет:

- на среднерослых и полукарликовых (контроль 54-118) – около 15 т/га;
- на карликовых (контроль 62-396) – около 25 т/га;
- на суперкарликовых (контроль В9) – около 40 т/га.

Также следует учитывать, что продуктивность многих сорто-подвойных комбинаций яблони в условиях средней полосы России часто оказывается сниженной вследствие неблагоприятных природно-климатических условий в отдельные годы и ежегодного накопления их отдельных негативных последствий влияния на плодовые насаждения. Тем не менее сады яблони на основе клоновых подвоев селекции Мичуринского ГАУ оказываются более устойчивы ко многим неблагоприятным факторам окружающей среды, в том числе к промерзанию почвы, почвоутомлению, бактериальному ожогу и др.

Таким образом, слаборослые клоновые подвои яблони селекции Мичуринского агроуниверситета служат основой для создания зимостойких интенсивных яблоневых садов во всех регионах России и за рубежом, и, прежде всего, на территориях с экстремальными условиями зимнего периода.

Список литературы.

1. Будаговский, В.И. Культура слаборослых плодовых деревьев / В.И. Будаговский. – М.: Колос, 1976. – 302 с.
2. Верзилин, А.В. Идеи И.В. Мичурина в селекции клоновых подвоев яблони / А.В. Верзилин, Ю.В. Трунов – Садоводство и виноградарство. – 2006. – № 3. – С. 9-11.

Механизмы адаптивной системы селекции растений

3. Куликов, И.М. Актуальные проблемы питомниководства России / И.М. Куликов, А.А. Борисова, Т.А. Тумаева. – Садоводство и виноградарство. 2018. № 2. С. 33-38.
4. Куликов, И.М. Новые национальные стандарты в области садоводства / И.М. Куликов, А.М. Малько, А.А. Борисова, Т.А. Грачева. – МСХ РФ, ФГУ «Россельхозцентр», ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии. – М., 2009.
5. Тарова, З.Н. Оценка зимостойкости новых слаборослых клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ в полевых и лабораторных условиях / З.Н. Тарова, Н.Л. Чурикова, Р.В. Папихин, М.Л. Дубровский // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – №3 (58). – С. 27-31.
6. Трунов, Ю.В. Слаборослые подвои яблони селекции В.И. Будаговского в российском и зарубежном садоводстве / Ю.В. Трунов, А.И. Кузин. – Сады будущего: сб. науч. тр. – Мичуринск: изд-во МичГАУ, 2011. – С. 44-45.
7. Трунов, Ю.В. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов / Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, Р.В. Папихин, М.Л. Дубровский, И.Н. Шамшин – Садоводство и виноградарство. – 2020. – №2. – С. 34-40.

2. Направление: «Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров»

УДК 633.521

Перспективы возрождения льноводства России на основе использования биологического потенциала культуры Prospects for the revival of flax growing in Russia based on the use of the biological potential of culture

Рожмина Т.А.¹, Жученко А.А.^{1,3},
Мельникова Н.В.², Дмитриев А.А.²,
Рожмина Н.Ю.¹, Андреева И.А.¹, Смирнова А.Д.¹

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»;

²ФГБУН «Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта
Российской академии наук»;

³ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт
садоводства и питомниководства»

АННОТАЦИЯ: Проведен скрининг генофонда льна по устойчивости к высоким и низким значениям pH почвы, выделены генотипы устойчивые к эдафическому стрессу. С использованием молекулярных методов установлено изменение экспрессии генов в растениях льна при повышенной кислотности и высокой концентрации Al³⁺. Впервые в мировой практике создан сорт льна-долгунца Атлант устойчивый к высоким и низким значениям pH почвы, а также гербицидному стрессу, обладающий высоким качеством волокна.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лен, устойчивость, кислотность почвы, гербицидный стресс, сорт

ANNOTATION: The screening of the flax gene pool for resistance to high and low soil pH values was carried out, genotypes resistant to edaphic stress were identified. Using molecular methods, a change in gene expression in flax plants at increased acidity and high Al³⁺ concentration was established. For the first time in world practice the Atlant fiber flax variety was created, resistant to high and low soil pH values, as well as herbicidal stress, and having a high fiber quality.

KEYWORDS: flax, resistance, soil acidity, herbicidal stress, variety

Лен-долгунец является стратегической культурой России. В настоящее время в льняном сырье нуждается не только текстильная, но и фармацевтическая, химическая промышленность, оборонный комплекс и другие отрасли

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

народного хозяйства. Около 10 % трудоспособного населения страны занято в данном секторе экономики.

Вместе с тем, площадь посевов под культурой только за последние пятнадцать лет сократилась в 2 раза, что усилило дефицит волокнистого сырья. При этом в настоящее время потребность в льноволокне по данным Минсельхоза России составляет 130 тыс тонн, при фактическом его производстве в 3 раза меньше. Низким остается качество льнотресты – № 1,1, в результате чего выход основного продукта льна-долгунца – длинного волокна в среднем по стране составляет менее 12 %, в то время как в странах Западной Европы 75 % и выше [1]. В структуре производимого льняного волокна до 80 % составляет трепанное волокно низкого качества (9-10 номера), что сдерживает расширение ассортимента текстильных изделий и делает культуру мало привлекательной для инвесторов.

Как показывают расчеты, повышение качества льнотресты всего на 2 сортономера – с 1,0 до 1,5, что соответствует 11 номеру трепанного волокна, позволяет обеспечить рентабельность культуры свыше 40 % [2]. В то время, как при переработки низкономерной льнотресты производство культуры является низкорентабельным либо убыточным (табл. 1).

Таблица 1 – Потенциальные возможности роста доходности культуры за счет повышения качества льносырья [2]

Номер льнотресты	Длинное волокно (нормативные показатели)		Выручка от реализации волокна, тыс руб/га (расчетная) *	Рентабельность, %**
	%	номер		
1,00	31,8	10,4	52,3	- 3,0
1,25	36,8	10,7	65,8	22,2
1,50	42,0	11,0	76,5	41,9
2,00	51,3	11,6	96,2	78,4

* при урожайности льноволокна - 10 ц/га. Цена реализации льнопродукции: длинное волокно № 10 (треста № 1,0) – 100 и № 11 (треста № 1,50) – 120 тыс руб/тонна, короткое – 30 и 35, тыс руб/тонна соответственно.

Важная роль в возрождении льноводства России принадлежит селекции, основанной на более полном использовании биологического потенциала культуры. Академик А.А. Жученко писал: «мировой опыт свидетельствует о том, что селекция и семеноводство является наиболее экономически эффективным средством как при выводе сельского хозяйства из кризисной ситуации, так и в достижении его процветания» [3]. Ярким примером тому является стремительный рост урожайности льноволокна в России, которая, начиная с 1995 года, возросла более чем в 2 раза за счет возделывания новых более продуктивных сортов льна-долгунца.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

По мнению академика А.А. Жученко «селекционные программы должны быть направлены на придание сортам устойчивости к тем стрессорам, которые в наибольшей степени ограничивают величину и качество урожая в данной почвенно-климатической зоне» [3]. Для льна такими факторами являются пестрота почв по уровню кислотности, несбалансированность их по макро- и микроэлементному составу, а также гербицидный стресс, что связано с низким уровнем культуры земледелия.

Следует отметить, что в основных льносеющих регионах России только 20 % пашни отвечает требованиям культуры по уровню кислотности почв, что негативно сказывается, как на урожае, так и качестве льноволокна [4]. Так, по данным Н.С. Авдонина на сильнокислых дерново-подзолистых почвах из-за повышенного содержания подвижных ионов алюминия урожайность льнопродукции может снижаться до 100 %. Токсическое действие ионов алюминия на растения проявляется в ингибировании корневого роста, что снижает и замедляет рост всего растения. Доказано, что алюминий накапливается в ядрах и митохондриях, связывается с нуклеиновыми кислотами, нарушает синтез ДНК и белков [5].

С использованием разработанных нами селективных фонов впервые в мировой практике был проведен скрининг образцов коллекции льна по устойчивости к высоким и низким значениям рН почвы. Схема проводимого эксперимента включала 1 вариант - низкое рН почвенного раствора (P_2O_5 270...298 мг/кг, K_2O 46...62 мг/кг), исходная почва срН менее 4,5; 2 вариант (контроль) – оптимальное рН, искусственное доведение рН почвенного раствора до оптимального значения 5,3...5,5 путем внесения $CaCO_3$, используя расчетный коэффициент 0,31 т/га; 3 вариант - естественный фон рН 5,3...5,5 (P_2O_5 320...340 мг/кг, K_2O 81...92 мг/кг) – слабокислый, оптимальный для льна-долгунца и 4 вариант – естественный фон рН 6,2 (P_2O_5 312...345 мг/кг, K_2O 84...98 мг/кг) – близкий к нейтральной кислотности.

Как показали проведенные исследования, изреженность посевов льна на сильнокислой и нейтральной почве может достигать свыше 75 % (табл. 2). Наиболее высокий уровень устойчивости (свыше 70 %) к изменениям кислотности почвы проявили сорта льна-долгунца Атлант (Россия) и Hermes (Франция).

Таблица 2 – Скрининг образцов генофонда льна по устойчивости к высоким и низким значениям рН, 2017-2019 гг.

Название и происхождение образца	Количество выживших растений, %*	
	сильнокислый (рН 3,9)	нейтральный (рН 6,2)
1	2	3
Атлант, Россия	76,9	78,6
Hermes, Франция	71,4	80,0
Тосг 3, Россия	67,7	80,0

1	2	3
к-6626, Россия	77,9	56,2
к-4116, Япония	61,5	96,7
Вега 2, Литва	61,5	73,4
z-8744-10, Китай	53,4	66,4
Строитель, Р. Беларусь	24,9	73,4
Могилевский, Р. Беларусь	66,2	14,3
Пралеска, Р. Беларусь	53,4	22,5
1	2	3
Ли́ра, Р. Беларусь	50,0	0,0
Оршанский 2, Р. Беларусь	58,3	18,7
Alizee, Франция	28,6	46,2
Nike, Польша	46,7	15,4
Matina, Нидерланды	46,7	33,3

* – по отношению к контролю, рН слабокислая.

С использованием компьютерной программы имитационного моделирования А.Ф. Мережко (2002) был проведен анализ расщепления в гибридных популяциях F_2 и F_3 от скрещивания контрастных по устойчивости форм на сильнокислом фоне. Установлено, что устойчивость к сильнокислой рН почвы у сорта льна-долгунца Hermes детерминируется одним рецессивным геном [6].

Для понимания механизма устойчивости льна к токсичным ионам алюминия были секвенированы транскриптомы устойчивых (Hermes и TMP 1919) и чувствительных (Ли́ра и Оршанский) к ионам алюминия генотипов льна, которые подвергались обработке алюминием в течение 4, 12 и 24 часов, в качестве контроля использован вариант без обработки. На основании полученных данных высокопроизводительного секвенирования у льна выявлены гены с дифференциальной экспрессией при воздействии алюминия. Выявлено, что большинство из 50 активированных генов участвовали в трансмембранном транспорте и транспортной активности, как у Al-устойчивых, так и у Al-чувствительных генотипов. Однако гены, кодирующие белки с активностью глутатионтрансферазы и UDP-гликозилтрансферазы, входили в топ-50 генов с повышенной активностью только у образцов льна, устойчивых к алюминию. Для анализа количественной ПЦР в расширенной выборке были выбраны две UDP-гликозилтрансферазы (UGT) и три глутатион-S-трансферазы (GST). Общей тенденцией изменений в экспрессии исследуемых генов была повышающая регуляция при стрессе Al^+ , особенно после 4 ч воздействия. При этом у устойчивых к алюминию сортов льна усиление экспрессии было более выраженным, чем у чувствительных сортов. Полученные результаты позволяют сделать предположение, что защита от токсичности Al^+ через антиоксидантную активность глутатион-S-трансферазы является вероятным механизмом реакции растений льна на алюминиевый стресс. Так-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

же считаем, что UDP-гликозилтрансферазы могут участвовать в модификации клеточной стенки и защите от активных форм кислорода (ROS) в ответ на стресс Al^{+} у вида *L. usitatissimum* L. Таким образом, GST и UGT играют важную роль в реакции льна на ионы Al^{+} через детоксикацию ROS и модификацию клеточной стенки [7]. Использование молекулярных методов позволит существенно ускорить создание кислотоустойчивых сортов льна.

В результате проведенной оценки коллекционных образцов льна на селективных фонах выявлено, что повышение значения рН почвы с 5,3...5,5 до 6,2 при очень высоком уровне содержания фосфора в почве может приводить к 2-5 кратному снижению основных показателей, определяющих урожайность волокнистой льнопродукции (табл. 3). Из 30 изучаемых образцов льна на селективных фонах по основным показателям продуктивности только 4 сорта – Атлант, Вега 2, Hermes и Универсал проявили устойчивость к данному эдафическому стрессу.

Таблица 3 – Влияние нейтральной рН почвы на продуктивность льноволокна сортов Вега 2 и Nike, 2019 г.

Сорт, происхождение	Вариант	Общая высота, см	св, %	Вес технич. части, мг	св, %	Масса волокна, г	св, %	Содержание волокна, %	св, %
Вега 2, Литва	I*	86,1± 4,5	5,2	296,9± 37,3	12,5	72,6± 7,3	10	24,5± 0,9	3,6
	II**	72,3± 3,7	5,1	275,4± 45,0	16,4	65,6± 10,8	16,4	23,9± 1,1	4,7
Nike, Польша	I	91,8± 4,6	5,0	343,0± 44,2	12,9	101± 12,2	15,0	29,5± 0,8	2,6
	II	44,0± 4,2	9,6	57,0± 19,9	17,4	15,0± 4,2	21,3	26,1± 1,9	8,2

Варианты: I – рН 5,3...5,5, II – рН 6,2

На основании результатов гибридологического анализа выполненного на селективном фоне, установлено, что устойчивость к нейтральной кислотности почвы у исследуемых генотипов - сорт льна-долунца Hermes и линия масличного льна № 3896, контролируется высокоэффективным доминантным геном.

Впервые нами установлена генотипспецифичность и по устойчивости льна к гербицидному стрессу, в частности, к препаратам с действующим веществом – метсульфурон-метил (табл. 4). Обработка посевов льна препаратом – Магнум в рекомендованной (0,01 кг/га) норме расхода привела к существенному снижению количества нормально развитых растений перед уборкой у большей части образцов, по сравнению с контролем (вариант без обработки гербицидом). У большинства генотипов наблюдалась приостановка и неравномерность роста в критический период «елочка» - бутонизация, что

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

оказывало негативное влияние на содержание волокна и его качество. Так, у линии v-8744-10 (Китай), отставание в росте в варианте с обработкой по сравнению с контролем составило 52,1...62,0 %. При этом сорт Атлант проявил высокий уровень устойчивости к данному стрессу.

Таблица 4 – Генотипспецифичность по устойчивости к гербицидному стрессу (препарат Магнум, д.в. метсульфурон-метил)

Название и происхождение образца	Вариант	Высота растений, см			% выживших растений
		фаза онтогенеза			
		"елочка"	быстрый рост	бутонизация	
Атлант, Россия	I	12	25	43	90,8
	II	11	22	43	83,2
	устойчивость, %	91,7	88,0	100,0	
Aoyagi, Япония	I	11	35	64	88,2
	II	8	24	46-31	79,0
	устойчивость, %	72,7	68,6	71,9...48,4	
v-8744-10, Китай	I	12	38	71	85,6
	II	9	21	44-37	43,3
	устойчивость, %	75,0	55,3	62,0...52,1	

I вариант: контроль (без обработки); *II вариант:* гербицид Магнум в рекомендованной норме расхода – 10 мг/га

Высокую устойчивость проявил сорт Атлант также к гербицидной баковой смеси, включающей гербициды из различных групп: препараты Магнум – д.в. Метсульфурон-метил (производные *сульфонилмочевинной группы*), Гербитокс А – д.в. соли МЦПА (производные *хлорфеноксиуксусной кислоты*), Миура – д.в. Хизалофоп-П-этил (производные *арилокси-фенокси-пропионовой кислоты*). В варианте с обработкой данной гербицидной композицией большинство генотипов имели низкий номер длинного волокна – 9-10, в тоже время в контроле (без обработки) номер волокна составлял – 12-14. Аналогичная картина наблюдалась и по длине элементарных волокон – основной признак, определяющий обрывность пряжи.

Таким образом, из изученных генотипов льна высокой устойчивостью как сильнокислой, так и нейтральной pH, а также к гербицидному стрессу проявил созданный нами и переданный на Государственное сортоиспытание сорт льна-долгунца Атлант. Данный сорт отличается высокими прядильными свойствами, номер трепанного волокна – 12,0, что на 1,3 выше, чем у стандарта – сорта Дипломат (табл. 5). Сорт Атлант превзошел сорт Дипломат по физико-механическим свойствам волокна: гибкости – на 28 % и то-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров
 нине - в 1,5 раза; выход длинного волокна составил 25,2 %, что на 3,6 абс. ед. выше по сравнению со стандартом.

Таблица 5 – Характеристика сорта льна-долгунца Атлант по качеству льно-волокна (2016-2018 гг.)

Сорт	Содержание всего волокна	Выход длинного волокна, %	Физико-механические свойства волокна		№ Трепанного волокна
			гибкость, мм	тонина, текс	
Атлант	27,0	25,2	68	1,93	12,0
Дипломат-стандарт	28,9	21,6	53	2,91	10,7

Широкое освоение нового сорта льна-долгунца Атлант в производстве обеспечит получение высокого и гарантированного урожая высококачественной льнопродукции, что сделает культуру высококорентабельной, а, следовательно, и привлекательной для инвесторов. Таким образом, создание сортов льна-долгунца адаптивных к стрессовым факторам фреды открывает широкие перспективы для возрождения льноводства и решения, тем самым, проблемы сырьевого обеспечения страны.

Список литературы

1. Рожмина Т.А., Понажев В.П., Павлова Л.Н., Захарова Л.М. Льняная отрасль на пути к возрождению // Защита и карантин растений. – 2018. – № 1. – С. 3-8.
2. Рожмина Н.Ю. Льноводство в современной экономической ситуации. Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур // Материалы Международной научно-практической конференции. Тверь: Тверской государственный университет. – 2018. – С. 44-45.
3. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Москва: РУДН. – 2001. – Т.2. – 1489 с
4. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца // Жученко А.А., Рожмина Т.А., Понажев В.П., Павлова Л.Н. и др. Тверь: Твер. Гос Ун-т. – 2009. – 256 с
5. Климашевский Э.А. Генетический аспект минерального питания растений. М., 1991. 415 с
6. Кишлян Н.В., Рожмина Т.А. Оценка генофонда льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) по кислотоустойчивости // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – №1. – С. 96-103
7. MIR319, MIR390, AND MIR393 are involved in aluminum response in flax (*Linum usitatissimum* L.). Dmitriev A.A., Kudryavtseva A.V., Bolsheva N.L., Zya-blitsin A.V., Rozhmina T.A., Melnikova N.V., et. al. BioMed Research International. – 2017. – Т. 2017. – С. 4975146. DOI: 10.1155/2017/4975146.

**Особенности оценки морозоустойчивости растений
в селекционном процессе**
**Features of plants frost resistance assessing
in the breeding process**

Федулов Ю.П.

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени П. Т. Трубилкина»*

АННОТАЦИЯ. Для повышения эффективности селекции на морозоустойчивость, в том числе с использованием молекулярных маркеров, предлагается учитывать компонентную структуру признака морозоустойчивости, оптимальную для планируемого региона возделывания культуры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: факторный анализ, селекция на морозоустойчивость, озимая пшеница, молекулярные маркеры.

ANNOTATION. To increase the breeding efficiency for frost resistance, including the use of molecular markers, it is proposed to take into account the component structure of the frost resistance trait that is optimal for the expected regions of cultivation..

KEYWORDS: factorial analysis, breeding for frost resistance, winter wheat, molecular markers.

Исследование физиолого-биохимических механизмов устойчивости растений к неблагоприятным абиотическим факторам внешней среды имеет для отечественной селекции особое значение, поскольку из-за расположения в зоне рискованного земледелия нашему сельскохозяйственному производству необходимы сорта, обладающие не только высокой потенциальной продуктивностью, но и повышенной зимостойкостью, засухоустойчивостью, солеустойчивостью.

С целью поиска эффективных методов оценки морозоустойчивости селекционного материала и методов отбора образцов с оптимальным уровнем морозоустойчивости в Краснодарском НИИСХ (ныне Национальный центр зерна им. П.П.Лукьяненко) было проведено комплексное изучение физиолого-биохимических параметров большого набора сортов и линий озимой мягкой и твёрдой пшениц и ячменя [1].

Обработка собранного материала методом ортогонального факторного анализа позволила установить, что совокупность физико-химических, физиологических и морфологических признаков, связанных с морозоустойчивостью, можно объединить в факторы (или признаки более высокого поряд-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

ка) - компоненты, с помощью которых можно с высокой точностью описать морозоустойчивость.

Анализ распределения изученных параметров по компонентам, а также сравнение значений этих компонент у образцов с различными биологическими характеристиками позволили дать им биологически содержательную интерпретацию и определить их как физиологические системы, определяющие формирование сложного признака морозоустойчивость [2].

Первые четыре системы, суммарная значимость которых составляет 65-70 %, были определены как неспецифическая устойчивость, обусловленная уходом в вынужденный зимний покой, способность к переохлаждению внутриклеточной воды, способность расти при низких температурах и способность репарировать повреждения, нанесённые неблагоприятными факторами перезимовки. Найденные компоненты морозоустойчивости являются отражением сложной генетической структуры этого признака [3], и полностью согласуются с утверждением А. А. Жученко, что «приспособленность генотипа в гораздо большей степени определяется комплексом генов как единого целого, чем какими-либо функциональными свойствами отдельных генов» [4].

Сравнение компонентных структур морозоустойчивости разных видов озимых культур показало, неспецифическая устойчивость вносит максимальный вклад в обеспечение морозоустойчивости и снижается в ряду озимая мягкая пшеница - озимая твердая пшеница - озимый ячмень, в полном соответствии с уменьшением в этом ряду морозоустойчивости. Это указывает, что достижение высокой морозоустойчивости маловероятно без хорошо выраженного ухода в вынужденный покой [1].

Анализ изменения структуры морозоустойчивости озимой мягкой пшеницы в результате селекции этой культуры в разных регионах, проведённый с использованием разработанного подхода, показал, что общая тенденция изменения структуры морозоустойчивости в результате селекции высокопродуктивных сортов состоит в следующем:

– во-первых, уменьшается глубина вынужденного покоя, причем степень её снижения зависит от региона, где ведется селекция: в более суровых условиях глубина вынужденного покоя в ходе селекции снижается в меньшей степени. В еще более жестких условиях, на границе ареала возделывания озимой пшеницы, в результате селекции вообще не было отмечено снижения величины этой компоненты устойчивости [5];

– во-вторых, в ходе селекции у большинства перспективных образцов наблюдается улучшение динамики фотосинтетического аппарата, что выражается в более быстром накоплении пигментов и формировании в ранневесенний период активно работающего фотосинтетического аппарата;

– в-третьих, новые сорта, как правило, характеризуются большей способностью к переохлаждению внутриклеточной воды и более интенсивным ростом при пониженных температурах.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Таким образом, в результате селекции, происходит изменение структуры этого адаптивного признака, причем, что очень важно, это изменение осуществляется за счет усиления компонент, не связанных отрицательно с урожаем.

Логическим следствием приведенного анализа является то, что донорами и источниками морозоустойчивости должны быть генотипы, имеющие высокие значения компонент, способных обеспечить необходимый уровень устойчивости к стрессовым воздействиям в данном регионе и не связанных со снижением продуктивности.

В последнее время в селекционной практике всё шире используются молекулярные маркеры различных селекционных признаков [6], в том числе, и для поиска локусов количественных признаков – QTL (quantitative trait loci).

Предполагается, что их использование сделает подбор родительских линий более целенаправленным и существенно ускорит селекционный процесс.

Однако появившиеся первые единичные работы по поиску QTL для признака морозоустойчивость в качестве параметра, характеризующего морозоустойчивость, используют, как и ранее в физиологических исследованиях, процент растений, выживших после промораживания при критической температуре или температуру полудетального выживания LT₅₀. В работе [7] было выявлено 6 QTL, ассоциированных с морозоустойчивостью и расположенных на 5 хромосомах. С большой долей вероятности можно предположить, что найденные локусы, содержат генетическую информацию, определяющую отдельные процессы формирования морозоустойчивости, что ранее было неоднократно доказано в физиологических исследованиях.

На наш взгляд, с учётом представленной структуры признака морозоустойчивости и характера ее изменения в зависимости от условий внешней среды, более целесообразно было бы осуществлять поиск QTL, связанных с отдельными выявленными компонентами морозоустойчивости.

Использованный подход позволяет выбрать в каждой компоненте биофизический, физиолого-биохимический или морфологический параметр, имеющий количественное выражение и наиболее тесно связанный с этой компонентой. Этот параметр может быть измерен или для каждой особи изучаемой популяции или для группы генетически однородных особей, что является необходимым условием для картирования QTL.

Подобный подход можно использовать при селекции на устойчивость к любому абиотическому фактору, поскольку большинство из них имеет полигенную природу, а его использование позволило бы более точно подгонять интересующие признаки устойчивости под будущие условия возделывания культуры.

Список литературы.

1. Системный анализ морозоустойчивости озимых культур/ Ю.П. Федулов// Автореферат докторской диссертации Санкт-Петербург, ВИР. – 1993. – 46 с
2. System analysis of frost resistance in winter wheat and its use in breeding/Fedulov Y.P.//Euphytica. – 1998. – V.100. – P.101-108.
3. Genes for frost resistance in wheat/ Sutka, J.// Euphytica. – 2001. – №119. – P.169–177.
4. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы)/А.А. Жученко. Кишинёв, Изд-во «Штиинца», 1988. – 767 с
5. Использование системного анализа в селекции растений на устойчивость к абиотическим факторам/Ю.П.Федулов// Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства: Сб.тез. по материалам науч.-практ. конф. молодых учёных (24-25 окт. 2018 г)/отв. За вып. А.Г.Коцаев.– Краснодар: КубГАУ, 2018. – С.299 –301.
6. Молекулярные маркеры в популяционной генетике и селекции культурных растений : монография / Чесноков Ю. В., Кочерина Н. В., Косолапов В. М.. — Москва : ООО «Угрешская Типография», 2019. — 200 с
7. Freezing Tolerance-Associated Quantitative Trait Loci in the Brundage × Coda Wheat Recombinant Inbred Line Population/A. J. Case, D. Z. Skinner, K. A. Garland-Campbell, A. H. Carter//Crop Sci.– 2014. – V.54. – P.982–992.

Способы оценки устойчивости подсолнечника к заразихе Methods of sunflower broomrape resistance evaluation

Гончаров С.В., Базиз А.Р., Скибина Ю.С.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени П. Т. Трубилкина»

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены возможности оценки в условиях лабораторного и лизиметрического опыта устойчивости образцов подсолнечника к заразихе, показана достоверность и эффективность оценки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: подсолнечник, оценка, устойчивость, заразиха.

ANNOTATION: Possibility to evaluate sunflower resistance to broomrape in the laboratory and vegetation experiment was analyzed; reliability and efficiency of the evaluation was shown.

KEYWORDS: sunflower, evaluation, resistance, broomrape.

В нашей стране основной масличной культурой является подсолнечник, занимающий в последние годы площади, превышающие 7 млн. га. Практически с самого начала возделывания подсолнечника в России в качестве полевой культуры его производству угрожала заразиха [7]. Заразиха подсолнечная *Orobanche cumana* Wallr. – высшее цветковое растение-паразит, поражающее корни подсолнечника. Питаясь за счет растения-хозяина, заразиха приводит к гибели подсолнечника или к существенному недобору его урожая [1]. Основные методы борьбы с заразихой – агрономический (соблюдение севооборотов таким образом, чтобы подсолнечник не высевался на том же месте ранее, чем через 6-8 лет), селекционный (создание и возделывание генетически устойчивых к распространенным в данном регионе расам паразита сортов и гибридов подсолнечника) и химический (использование гербицидов на посевах устойчивых к ним гибридах подсолнечника) [1, 3].

В селекции подсолнечника на устойчивость к заразихе главная проблема – это ее способность эволюционировать и постоянно формировать новые расы, которые преодолевают имеющуюся устойчивость. Поэтому поиск новых генов устойчивости сохраняет свою актуальность до настоящего времени [2, 4]. Важной задачей при этом является также совершенствование методик оценки устойчивости подсолнечника. В большинстве случаев устойчивость к заразихе селекционеры оценивают в полевых или тепличных условиях [3, 5, 6]. В полевых условиях можно использовать естественный фон при условии очень высокой степени заражения почвы семенами агрессивных рас заразихи, либо создавать его искусственно, внося собранные ранее семена заразихи в почву перед посевом. В обоих случаях сложно обеспечить равномерное рас-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

пределение семян заразики в почве на всех экспериментальных делянках. Кроме того, существует риск заражения окружающих полей, так как семена заразики мелкие и легко переносятся ветром на значительные расстояния. Оценка подсолнечника в камерах искусственного климата или теплицах [5] требует достаточно серьезных финансовых затрат, которые не всегда оправдываются. С целью совершенствования методики оценки подсолнечника к заразики и была проведена эта работа.

Материалом для нашей работы служили самоопыленные линии подсолнечника, отличающиеся по степени устойчивости к заразики и созданный ранее новый исходный материал. Опыт был заложен на вегетационной площадке ботанического сада Кубанского ГАУ в лизиметрах размером 1×3 м. Перед посевом в почву вносили семена заразики, собранные на устойчивых к расам А-Е гибридах подсолнечника, возделываемых на территории Ростовской области. Зафиксированная в опыте степень поражения наряду с полученной ранее полевой оценкой на естественном фоне служила эталонной оценкой каждого образца для дальнейшей работы. В осенне-зимний период проводили оценку устойчивости в камерах центра искусственного климата КубГАУ и лабораторных условиях, используя чашки Петри и рулоны фильтровальной бумаги.

Важным было подтверждение уровня устойчивости гибридов подсолнечника, наблюдаемого в производственных условиях при высокой степени зараженности семенами заразики в Ростовской области. В лизиметрах и в камерах искусственного климата максимальная степень поражения восприимчивых образцов достигала 20-30 и более цветоносов заразики на одно растение подсолнечника.

Поражение расщепляющихся популяций исходного материала сильно варьировало – от 0 до 5-10 цветоносов заразики на одно растение, что позволило выделить устойчивые формы для самоопыления. Оценка в лизиметрах по сравнению с полевым методом обладает преимуществом отсутствия риска заражения почвы окружающих полей семенами заразики, и снижением финансовых затрат по сравнению с тепличным методом. Дополнительный плюс – получение семян выделившихся растений подсолнечника в условиях, которые близки к производственным.

В дальнейшем для совершенствования методик оценки использовали лабораторный метод. Показана высокая степень стимулирования прорастания семян заразики в чашках Петри и бумажных рулонах при контакте с корнями восприимчивых форм подсолнечника, что позволяет вести скрининг большого количества образцов подсолнечника по устойчивости к заразики.

Список литературы.

1. Антонова Т.С. Вирулентность популяций заразики на подсолнечнике в регионах Северного Кавказа // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2009. - № 3. - С. 66-69.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

2. Гончаров С.В. Селекция гибридов подсолнечника на устойчивость к новым расам заразихи / С.В. Гончаров, Т.С. Антонова, Н.М. Арасланова, Е.Н. Рьженко // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. Краснодар, 2012. - Вып. 1 (150). - С. 9-12.

3. Горбаченко Ф.И., Усатенко Т.В., Горбаченко О.Ф. Результаты исследований по устойчивости к заразихе на Дону // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. - 2010. - № 2. (144-145). - С. 30-35.

4. Костина Е.Е., Лобачев Ю.В. Селекционная ценность и устойчивость к ложной мучнистой росе и заразихе экспериментальных гибридов подсолнечника // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2012. - № 3. - С. 22-23.

5. Панченко А.Я. Ранняя диагностика заразиоустойчивости при селекции и улучшающем семеноводстве подсолнечника // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1975. - № 2. - С. 107-115.

6. Тигай К.И. Получение исходного селекционного материала подсолнечника, устойчивого к ложной мучнистой росе и заразихе / К.И. Тигай, С.В. Гончаров // Аграрный научный журнал. 2018. № 8. С. 46-50.

7. Gontcharov S. Short sunflower history review // Sunflowers. ISBN: 978-1-53617-195-2. Editor: Érico de Sá Petit Lobão. 2020 Nova Science Publishers, Inc. P. 1-20.

**Динамика содержания аскорбиновой кислоты в почках
некоторых генотипов рода *Ficus* на Южном берегу Крыма**
**Dynamics of ascorbic acid content in the buds of some
genotypes of the genus *Ficus* on the Southern coast of Crimea**

Гребенникова О.А.

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

АННОТАЦИЯ. Морозостойкость изученных генотипов рода *Ficus* связана с накоплением аскорбиновой кислоты. Аскорбиновая кислота влияет на адаптацию листопадных видов рода *Ficus* к низким температурам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Ficus* L., аскорбиновая кислота, морозостойкость

ANNOTATION. Frost resistance of the studied genotypes of the genus *Ficus* is associated with the accumulation of ascorbic acid. Ascorbic acid affects the adaptation of deciduous species of the genus *Ficus* to low temperatures.

KEYWORDS: *Ficus* L., ascorbic acid, frost resistance

Инжир (*Ficus carica* L.) является ценной плодовой культурой благодаря регулярному плодоношению, раннему и продолжительному созреванию плодов, обладающих приятным вкусом, высокой калорийностью и диетическими свойствами [1]. В Никитском ботаническом саду (НБС) также культивируются виды *Ficus virgata* Roxb. и *Ficus palmata* Forsk. Условия Южного берега Крыма в основном благоприятны для возделывания данных видов. Однако зимой в Крыму часто наблюдаются оттепели с возвратным похолоданием, что отрицательно сказывается на жизнедеятельности и урожайности этих растений, поэтому изучение механизмов их адаптации к пониженным температурам является актуальным.

Известно, что аскорбиновая кислота относится к антиоксидантам, защищающим растение от окислительного повреждения, вызванного стрессами [2, 3]. В связи с этим целью исследования явилось сравнительное изучение динамики содержания аскорбиновой кислоты в почках некоторых генотипов рода *Ficus* с различной степенью морозостойкости.

Объектами исследования выбраны листопадные виды рода *Ficus*: *F. carica* (сорта Опылитель Никитский, Крымский Черный, Сары Стамбульский и Сабруция Розовая), *F. palmata* и *F. virgata*, произрастающие на коллекционных участках НБС. Для исследуемых генотипов была определена степень морозостойкости [4]. Для анализа ежемесячно отбирались терминальные почки в период вегетации – с декабря по апрель в течение двух лет: 2017-2018 гг. и 2018-2019 гг. Содержание аскорбиновой кислоты определяли йодометриче-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров ским титрованием [5]. Повторность опытов трехкратная. Полученные данные обрабатывали с использованием программы Microsoft Excel.

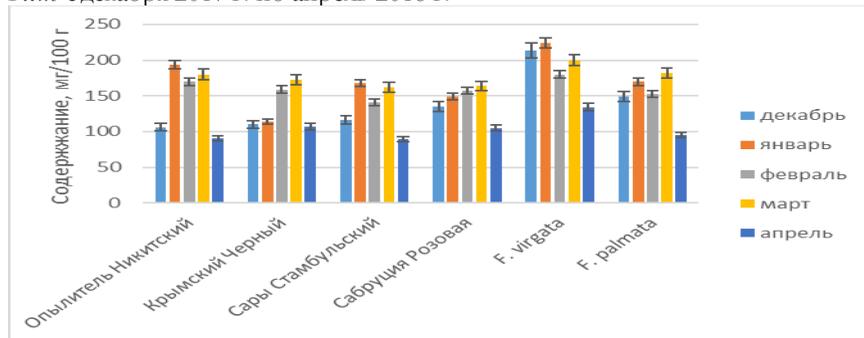
Основные метеорологические данные в период вегетации почек изучаемых генотипов рода *Ficus* представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные метеорологические данные за декабрь – март 2017-2019 гг. по агрометеостанции «Никитский сад»

Годы	Месяцы	Температура, °С			Количество осадков, мм	
		t _{ср}	t _{норм}	t _{мин}	Сумма	Норма
2017-2018	декабрь	8,5	5,5	-0,1	76,8	83
	январь	4,6	3,1	-3,5	92,5	73
	февраль	4,9	3,3	-2,6	69,2	64
	март	6,9	5,3	-3,4	78,2	50
2018-2019	декабрь	5,6	5,5	-0,8	129,5	83
	январь	4,9	3,1	-1,4	109,1	73
	февраль	5,4	3,3	-1,6	43,5	64
	март	8,3	5,3	0,1	4,2	50

В период исследования 2017-2018 гг. у большинства исследуемых генотипов содержание аскорбиновой кислоты в почках увеличивалось с декабря по март, проходя через максимум в январе, после первого значительного понижения температуры, и снижалось в апреле, перед появлением листьев (рис. 1). Отличалась динамика аскорбиновой кислоты в почках самого неустойчивого к отрицательным температурам вида – *F. virgata*: максимальных значений концентрация этого соединения достигала в декабре-январе, а затем изменялась волнообразно. Кроме того, вид *F. virgata* с декабря по апрель отличался максимальным содержанием аскорбиновой кислоты в почках.

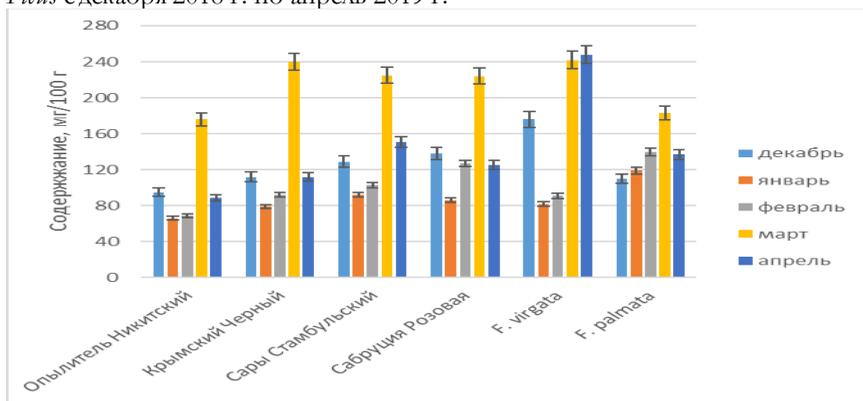
Рисунок 1 – Содержание аскорбиновой кислоты в почках генотипов рода *Ficus* с декабря 2017 г. по апрель 2018 г.



Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

В период исследования 2018-2019 гг. у сортов вида *F. carica* содержание в почках аскорбиновой кислоты уменьшалось с декабря по январь, затем увеличивалось с января по март и снижалось в апреле (перед распусканием) (рис. 2). Отличительная особенность динамики вида *F. palmata* заключалась в увеличении концентрации аскорбиновой кислоты в почках, начиная с декабря месяца. Специфическая динамика наблюдалась в почках самого неустойчивого к отрицательным температурам вида – *F. virgata*: содержание аскорбиновой кислоты значительно снижалось с декабря по январь, а затем возрастало до появления листьев.

Рисунок 2 – Содержание аскорбиновой кислоты в почках генотипов рода *Ficus* с декабря 2018 г. по апрель 2019 г.



Таким образом, для большинства генотипов динамика аскорбиновой кислоты в разные годы исследований имела сходную тенденцию: увеличивалась до марта и снижалась в апреле. Отличия заключались в снижении концентрации этого соединения с декабря по январь 2018-2019 гг., тогда как в предыдущем году наблюдалась обратная динамика. В январе и феврале 2019 г. содержание аскорбиновой кислоты в почках инжира было ниже, а в марте 2019 г. – выше по сравнению с этими же месяцами 2018 г. Эти отличия связаны с особенностями погодных условий: с декабря 2017 г. по январь 2018 г. температура понижалась, что способствовало накоплению аскорбиновой кислоты, а в следующем году происходили противоположные изменения. Январь, февраль и март 2019 г. были теплее, чем в 2018 году, а в марте практически не было осадков, что привело к снижению синтеза аскорбиновой кислоты в зимние месяцы и его резкому увеличению в марте на фоне засухи.

Оценка динамики содержания аскорбиновой кислоты в разные годы выявила различия между морозостойкими и неустойчивыми к отрицательным температурам генотипами. Предполагается участие аскорбиновой кислоты в

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров
реализации защитных механизмов листопадных видов рода *Ficus* при низко-
температурном стрессе.

Список литературы.

1. Чернобай И.Г. Формирование сортифта субтропических культур (*Ficus carica* L., *Zizyphus jujuba* Mill.) для южных регионов России / И.Г. Чернобай, Е.А. Шишкина, Т.В. Литвинова // Сборник научных трудов ГНБС. – 2017. – Т 144. – С. 243-247.
2. Arora A. Oxidative stress and antioxidative system in plants / A. Arora., R.K. Sairam, G.C. Srivastava // Current Science. – 2002. – Vol. 82. – P. 1227-1238.
3. Gill S.S. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants / S.S Gill., N. Tuteja // Plant Physiol. Biochem. – 2010. – Vol.48. – P. 909-930.
4. Гребенникова О.А., Браилко В.А. Потенциальная морозоустойчивость различных видов инжира и активность ферментов / О.А. Гребенникова, В.А. Браилко // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2018. – Т. 67. – С. 160-165.
5. Рихтер А.А. Использование в селекции взаимосвязей биохимических признаков / А.А. Рихтер // Труды ГНБС. – 1999. – Т. 108. – С. 121-129.

Экспрессия генов устойчивости у *in vitro* клонов тополя при воздействии *Alternaria alternata* в условиях культивирования с наночастицами оксида меди и серебра
Expression of resistance genes in *in vitro* poplar clones exposed to *Alternaria Alternata* under cultivation with copper oxide and silver nanoparticles

Гродецкая Т.А., Федорова О.А., Евлаков П.М.

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова

АННОТАЦИЯ. Исследовано влияние наночастиц CuO и Ag на экспрессию генов стрессоустойчивости у *in vitro* клонов тополя 'ТЮК', зараженных *Alternaria alternata*.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экспрессия, тополь, фитопатоген, наночастицы.
ANNOTATION. The effect of CuO and Ag nanoparticles on the expression of stress resistance genes in *in vitro* poplar 'ЮК' clones infected with *Alternaria alternata* was studied.

KEYWORDS: expression, poplar, phytopathogen, nanoparticles.

Клональное микроразмножение является современным методом биотехнологии, позволяющим получать большие объемы высококачественного посадочного материала за сравнительно короткий период времени. Отбор перспективных стрессоустойчивых генотипов древесных растений для введения в культуру *in vitro* и массового тиражирования для использования в лесовосстановлении является весьма актуальной задачей в настоящее время. Растения в естественной среде постоянно подвергаются воздействию абиотических и биотических стрессовых факторов. Грибковые возбудители, такие как *Alternaria alternata*, поражая растительный организм, выделяют вторичные метаболиты, обладающие токсичными и, зачастую, канцерогенными свойствами [1]. Воздействие патогенов вызывает изменение активности ферментов стресса и вторичных метаболитов, вовлеченных в механизмы развития устойчивости, проявляющееся на уровне генов в изменении их экспрессии. Гены ферментов, индуцируемых в ответ на стрессовые воздействия, могут использоваться в качестве маркеров развития стрессоустойчивости для отбора перспективных видов и сортов растений.

Развитие методов биотехнологии требует поиска новых эффективных решений по борьбе с заражением растений. Многочисленные исследования наночастиц показали, что они могут обладать значительным антифунгальным действием и поэтому все чаще рассматриваются как альтернатива ан-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

тибиотикам [2]. Применение наноматериалов может способствовать более быстрому прорастанию растений, повышению устойчивости растений к абиотическому и биотическому стрессу, эффективному использованию питательных веществ и ускорению роста растений при уменьшении влияния условий окружающей среды по сравнению с традиционными подходами. Однако продемонстрировано также, что наночастицы могут оказывать значительное токсическое воздействие, угнетая рост и развитие растений [3].

В данной работе исследовано влияние наночастиц оксида меди (CuO) и серебра (Ag) на экспрессию генов *asr3*, *icdb*, *PR-1*, *PR-10*, *DREB2*, используемых в качестве маркеров развития стрессоустойчивости, у *in vitro* клонов тополя сорта 'Пирамидально-осокоревый Камышинский' (ТЮК) в условиях искусственного заражения нитевидным аскомицетом *Alternaria alternata*.

Воздействие фитопатогена вызывало активацию генов *asr3*, *icdb*, *PR-1*, *PR-10*, *DREB2* у микроклонов на фреде без наночастиц.

Относительный уровень транскриптов *PR-1* значительно увеличивался у образцов тополя, помещенных на фреду с наночастицами CuO и Ag, в 3.5 и 27 раз соответственно относительно образцов на фреде без наночастиц.

Экспрессия гена *PR-10* увеличивалась в 1.7 раз у микроклонов на фреде с CuO, в то время как у растений на фреде с Ag и контрольной группы не было выявлено достоверных изменений.

Белки PR-1 и PR-10 индуцируются в результате воздействия вредителей и патогенов, образуя точку пересечения для различных ответных сетей, реагируя с различными индукторами, такими как салициловая кислота, жасмоновая кислота, систерин и этилен [4].

Растительное семейство АБК-индуцируемых генов (ABA-stress-ripening, ASR) активируется в ответ на воздействие абиотического стресса в виде засухи, засоления, воздействия тяжелых металлов [5,6]. Однако существуют перекрестные АБК-зависимые и АБК-независимые пути адаптации растений к воздействию стресса, что вызывает необходимость исследования ASR-генов в условиях воздействия фитопатогенов.

Выявлено, что уровень транскриптов гена *asr3* увеличивается при воздействии *Alternaria alternata* у *in vitro* клонов тополя на фреде с наночастицами CuO, а также на фреде без наночастиц, в 4.5 и 14.5 раз соответственно. У микроклонов на фреде с наночастицами Ag экспрессия не изменяется относительно контроля.

Экспрессия *DREB2* у микроклонов тополя на фредах с наночастицами CuO и Ag, подверженных воздействию *Alternaria alternata*, была снижена, в то время как у микроклонов на фреде без наночастиц наблюдалась активация *DREB2* в 5.6 раз относительно контрольных образцов.

DREB2 относится к семействам генов транскрипционных факторов, выступающих в качестве главного регулятора реакции растений на стресс. Ранее было установлено, что *DREB2* вовлечен в развитие толерантности к солевому стрессу у тополя евфратского [7].

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Для гена *icdb* выявлено увеличение экспрессии при воздействии фитопатогенов в 7.2-13.8 раз у всех анализируемых групп.

Ген *icdb* кодирует НАДФ-изоцитратдегидрогеназу (НАДФ-ИДГ), составляющую восстановленный НАДФН в ходе ферментативной реакции превращения изоцитрата в 2-оксоглутарат. Воздействие фитопатогенов может значительно воздействовать на процесс фотосинтеза, приводя к снижению его эффективности за счет перепрограммирования фотосинтетических процессов, или в результате деструкции хлоропластов в ходе патогенной атаки. Увеличение активности НАДФ-ИДГ способствует поставке восстановленных эквивалентов НАДФН и углеродных скелетов в виде 2-оксоглутарата для синтеза первичных метаболитов, участвующих в защите растения от инфекции, что служит компенсаторной реакцией при снижении фотосинтетического выхода данных продуктов.

Результаты исследования выявили, что воздействие *Alternaria alternata* приводило к активации генов *asr3*, *icdb*, *PR-1*, *PR-10*, *DREB2* у микроклонов тополя на среде без наночастиц, что свидетельствует о развитии у них механизмов адаптации. Показатели экспрессии маркерных генов стрессоустойчивости у *in vitro* клонов на среде с наночастицами CuO и Ag были снижены или в значительной мере не превышали значения, полученные для растений на среде без наночастиц. Наблюдаемое подавление стрессового ответа в условиях культивирования с CuO и Ag может быть обусловлено ингибирующим воздействием наночастиц на развитие *Alternaria alternata*, с одной стороны, а также их влиянием на процессы развития *in vitro* клонов тополя сорта 'ТЮК', что связано с особенностями генотипа растений и концентрацией наночастиц.

Список литературы.

1. Захарова, О. В., Гусев А. А. Фотокаталитически активные наночастицы оксида цинка и диоксида титана в клональном микроразмножении растений: перспективы / О. В. Захарова, А. А. Гусев // Российские нанотехнологии. – 2020. – Т. 14. – №. 9-10. – С. 3-17.
2. Shinozaki, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance / K. Shinozaki, K. Yamaguchi-Shinozaki // Journal of experimental botany. – 2007. – V. 58. – №. 2. – С. 221-227.
3. Wang, Z. Xylem- and phloem-based transport of CuO nanoparticles in maize (*Zea mays* L.) / Z. Wang et al. // Environmental science & technology. – 2012. – V. 46. – №. 8. – P. 4434-4441.
4. Li, J. Os ASR 5 enhances drought tolerance through a stomatal closure pathway associated with ABA and H₂O₂ signalling in rice / J. Li et al. // Plant biotechnology journal. – 2017. – V. 15. – №. 2. – P. 183-196.
5. Sade, H. Toxicity and tolerance of aluminum in plants: tailoring plants to suit to acid soils / H. Sade et al. // Biometals. – 2016. – V. 29. – №. 2. – P. 187-210.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

6. Li, N. Os ASR 2 regulates the expression of a defence-related gene, Os2H16, by targeting the GT-1 *cis*-element / Li, N. et al. // Plant biotechnology journal. – 2018. – V. 16. – №. 3. – P. 771-783.

7. Wu, H.L. Cloning and stress response analysis of the PeDREB2A and PeDREB1A genes in moso bamboo (*Phyllostachys edulis*) [Text] / H.L. Wu et al. // Genetics and Molecular Research. – 2015. – V. 14(3). – P. 10206-10223.

**Эффективность молекулярных методов оценки
устойчивости сортов томата к фитоплазме**
**Efficiency of molecular methods in assessing
the resistance of tomato varieties to phytoplasma**

Заморзаева И.А., Митина И.В., Бахшиев А.Г.

Институт генетики, физиологии и защиты растений

АННОТАЦИЯ. Для оценки чувствительности двух молдавских сортов томата к фитоплазме были использованы методы вложенно-ПЦР и ПЦР в реальном времени. Продемонстрирована эффективность обоих молекулярных методов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сорта томата, устойчивость, фитоплазма, молекулярная диагностика, вложенно-ПЦР, ПЦР в реальном времени

ANNOTATION. Methods of nested-PCR and real-time PCR were used to assess the sensitivity of two Moldovan tomato varieties to phytoplasma. The efficiency of both molecular methods was demonstrated.

KEYWORDS: tomato varieties, resistance, phytoplasma, molecular diagnosis, nested-PCR, real-time PCR

Фитоплазмоз (столбур) – заболевание, которое возникает у растений при их заражении *Candidatus Phytoplasma solani* и приводит к значительным потерям качества и урожайности у ряда важных сельскохозяйственных культур [1]. Это заболевание широко распространено на томатах в Молдове. Контроль столбура возможен при помощи химической обработки полей, применения методов биологической защиты растений, использования устойчивых к фитоплазме сортов. Надо отметить, что использование сортов и гибридов томата, устойчивых к патогенам, имеет ряд экономических и экологических преимуществ. Для проведения успешной селекции томатов на устойчивость важно надежно и точно определять степень зараженности растений используемых генотипов в процессе вегетации. Молекулярная диагностика служит хорошим инструментом в данных исследованиях.

Исследования проводили на двух сортах томата, Эльвира (ELVIRA) и Черасус (CERASUS), созданных в Институте генетики, физиологии и защиты растений (Кишинев, Молдова). Молекулярная диагностика (вложенно-ПЦР анализ) чувствительности этих сортов к заражению *Ca. P. solani* применялась на протяжении предыдущих трех лет, с 2016 года по 2018 год, и было обнаружено, что, независимо от климатических условий каж-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

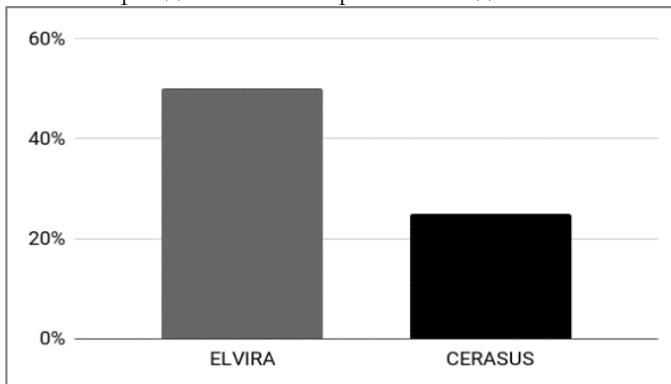
дого года, сорт Эльвира проявлял более высокую чувствительность к данному патогену, тогда как Черасус был относительно устойчив [5]. Исследования проводились на стадии массового созревания плодов, в августе, так как было обнаружено, что именно этот период вегетации томатов является наиболее информативным с точки зрения оценки устойчивости генотипов к фитоплазме. К концу вегетационного периода, в сентябре, после сбора основной части плодов, растения обоих сортов были существенно нагружены фитоплазменной инфекцией. Понятно, что это уже практически не влияло на урожайность и качество (товарность) плодов томата.

В условиях засушливого и жаркого лета 2019 года было проведено сравнение эффективности оценки устойчивости двух сортов томата к фитоплазме более традиционным методом нестед-ПЦР анализа (определение присутствия фитоплазменной инфекции в отдельных растениях томата) [3] и более современным ПЦР в реальном времени с использованием SubrGreen (количественное определение фитоплазмы в пулах ДНК, выделенных из 12 растений одного сорта). В обоих случаях исследования проводились на плодах, собранных в конце августа с 12 растений каждого сорта. ДНК для молекулярных анализов была выделена щелочным экспресс-методом [2] для нестед-ПЦР либо с использованием DNA-zol kit для ПЦР в реальном времени. Праймеры для обеих техник ПЦР были созданы на основе уникальной для *Sa. P. solani* нуклеотидной последовательности шаперонинового гена *cpn60*. Для нестед-ПЦР использовали две пары праймеров: *cpn421 F/R* в качестве наружных праймеров и *cpn200 F/R* как внутренние праймеры [4]. Для проведения ПЦР в реальном времени была разработана пара праймеров *qPhys7* и *qPhys8* (неопубликованные данные), отвечающая повышенным требованиям к праймерам для количественной ПЦР: число GC пар с 3' конца не больше 2, самокомплементарность с 3' и 5' концов не больше 5. В серии предварительных экспериментов была показана высокая специфичность и эффективность созданных праймеров.

Данные молекулярной диагностики заражения растений томата фитоплазмой в августе 2019 года подтвердили результаты, полученные в предыдущие годы. Так, нестед-ПЦР анализ показал, что сорт Эльвира значительно сильнее поражается столбуром, чем сорт Черасус (рис. 1). В период массового созревания плодов половина растений сорта Эльвира в поле была инфицирована фитоплазмой против четверти зараженных растений сорта Черасус.

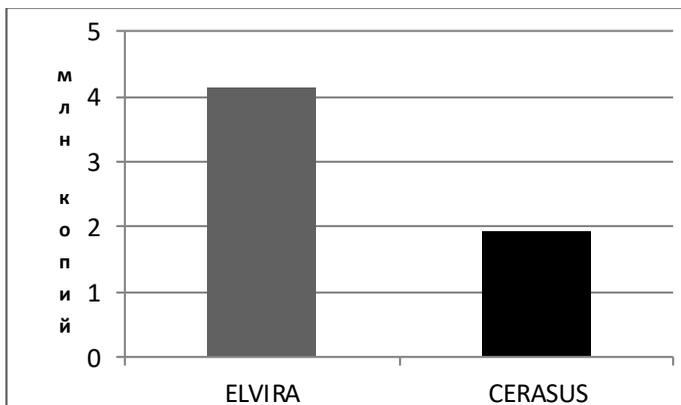
Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Рисунок 1 – Распространение инфекции *Sa. P. solani* среди растений двух сортов томата в период массового созревания плодов.



При количественном определении фитоплазмы в томатах методом ПЦР в реальном времени были получены результаты, хорошо согласующиеся с данными нестед-ПЦР анализа. Данная техника позволяет с большой точностью определять количество копий ДНК, синтезированных с матрицы за определенный отрезок времени. Для определения количества копий спектрофотометрией измеряли концентрацию синтезированного анализируемого фрагмента, затем рассчитывали число копий в единице объема. При использовании этого фрагмента был построен калибровочный график. Расчет числа копий гена в анализируемых образцах производился на основе этого графика. Полученные данные представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Количественное определение фитоплазмы в плодах двух сортов томата



Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Сравнивая количественные показатели заражения растений томатов двух сортов фитоплазмой, можно сделать тот же вывод, который был сделан по результатам нестед-ПЦР анализа: количество инфекции, обнаруженной в томатах сорта Эльвира (около 4 млн. копий), в два раза превосходило количество инфекции, обнаруженной в томатах сорта Черасус (около 2 млн. копий).

Учитывая, что аналогичные результаты были получены двумя независимыми методами молекулярной диагностики и, более того, ДНК для проведения соответствующих молекулярных анализов была выделена двумя разными способами, можно сделать однозначный вывод: оба метода молекулярной идентификации фитоплазмы являются эффективными и дают объективное представление о степени зараженности растений того или иного сорта, то есть могут быть использованы для оценки устойчивости различных генотипов томата к *Ca. P. solani*. Оба метода подтвердили большую чувствительность сорта Эльвира к заражению фитоплазмой и, соответственно, большую устойчивость сорта Черасус.

Список литературы.

1. Bertaccini, A., Duduk, B. Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. // *Phytopathologia Mediterranea*. – 2009. – № 48, – P. 355–378.
2. Guo, Y., Cheng, Z.-M., Walla, J.A. Rapid PCR-based detection of phytoplasmas from infected plants. // *Horticultural Science*. – 2003. – № 38 (6), – P. 1134-1136.
3. Use of mycoplasma-like organism (MLO) group-specific oligonucleotide primers for nested-PCR assays to detect mixed-MLO infections in a single host plant/ I.-M. Lee, D.E. Gundersen, R.W. Hammond, R.E. Davis // *Phytopathology*. – 1994. – № 84, P. 559–66.
4. Zamorzaeva, I. Creating primers for detecting phytoplasma infections in tomato plants. // *X International Congress of Geneticists and Breeders: Abstract Book* – Chisinau, Moldova, 2015. – P.26.
5. Zamorzaeva, I., Bahsiev, A., Mihnea, N. Spread of phytoplasma infection in the tomato field depending on the climatic conditions of the year. // *Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего: Материалы II Международной научной конференции* - Санкт-Петербург: ФГБНУ АФИ, 2019. – P. 662-668.

**Трансгрессивная изменчивость
количественных признаков пшеницы при
взаимодействии с грибом *Fusarium oxysporum*
Transgressive variability of quantitative traits of wheat when
interacting with the fungus *Fusarium oxysporum***

Лушапку Г.А., Гавзер С.И.

Институт генетики, физиологии и защиты растений

АННОТАЦИЯ. В статье приводятся результаты исследования влияния культурального фильтрата (КФ) гриба *Fusarium oxysporum* на рост растений родительских форм и гибридов F₂ озимой мягкой пшеницы. Сделан вывод о том, что степень и частота трансгрессий зависят от комбинации и направленности скрещивания, количественного признака (корешок, стебелек), варианта опыта (контроль, КФ) и температурных условий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА пшеница, трансгрессии, устойчивость, варибельность, наследуемость.

ANNOTATION. The article presents the results of a study of the *Fusarium oxysporum* culture filtrate (CF) influence on the growth of parents form and F₂ hybrids plants of winter common wheat. It was concluded that the degree and frequency of transgression depends on the combination and orientation of the cross, the quantitative trait (root, stem), the experimental variant (control, CF), temperature conditions.

KEYWORDS: wheat, transgressions, resistance, variability, heritability.

Выявление особенностей трансгрессивного расщепления в популяциях растений имеет большое значение для генетических исследований и оптимизации селекционных программ [2]. Механизмы трансгрессий до сих пор полностью не установлены [3], однако само явление широко используется для идентификации и отбора форм растений, устойчивых к патогенам, вредителям, неблагоприятным абиотическим факторам. Так, например, при трансгрессивном расщеплении в популяциях F₂, F₃ выявлены устойчивые растения хлопка к грибу *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* и к нематоде *Meloidogyne incognita*. При этом авторы обнаружили, что в первом случае устойчивость была обеспечена минорными генами, а во втором – эпистатическим эффектом [4, 5].

Цель наших исследований – установить влияние температуры и родительского фактора на количественные признаки пшеницы в расщепляющейся популяции F₂ при взаимодействии с одним из основных возбудителей корневой гнили – грибом *Fusarium oxysporum*.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

В опыте были использованы 6 комбинаций озимой мягкой пшеницы с высокими хозяйственно-ценными признаками, а также изолят вида патогенного гриба *F. oxysporum* (*F. o.*). Для заражения зерен пшеницы использовали культуральный фильтрат (КФ) гриба, приготовленный на жидкой среде Чапека. После замачивания зерен пшеницы в КФ в течение 18 часов растения проращивали при субоптимальной температуре 15-17°C (I) и чередовании температур 15-17°C, 8-9°C и 15-17°C (II), усиливающих действие гриба. Измеряли длину зародышевого корня и стебелька 6-дневных растений.

Степень и частота трансгрессий были определены, согласно Радченко [1].

Выявлено, что степень (Тс) и частота (Тч) трансгрессий зависят от множества факторов: 1) комбинации и направленности скрещивания, 2) количественного признака (корешок, стебелек), 3) варианта опыта (контроль, КФ), 4) температурных условий (I, II). Полученные данные свидетельствуют о специфическом проявлении трансгрессивной изменчивости у изученных признаков пшеницы. Наибольшая частота положительных трансгрессий отмечена при взаимодействии пшеницы с КФ гриба на фоне субоптимальной температуры, варьирующая в пределах 10,3 ... 27,5 % в случае корешка и 1,7 ... 92,5 % – в случае стебелька у 4-х из изученных 6-ти комбинаций (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Степени и частота трансгрессий в комбинациях F₂ пшеницы при реакции на культуральный фильтрат *F. oxysporum* (15-17°C)

N	Комбинация	Контроль		КФ <i>F. o.o.</i>	
		Тс, %	Тч, %	Тс, %	Тч, %
<i>Длина зародышевого корешка</i>					
	L. Bas./M 30 x M/M3	0,0	1,7	7,5	20,8
	M/M3 x L. Bas./M 30	2,9	3,4	17,1	20,8
	Mold. 16 x Mold. 11	3,4	1,7	-11,4	0,0
	Mold. 11 x Mold. 16	-10,9	0,0	10,6	10,3
	Bas. X M/M3	-27,5	0,0	-2,3	9,1
	M/M3 x Bas.	14,9	5,0	3,5	27,5
<i>Длина стебелька</i>					
	L. Bas./M 30 x M/M3	8,6	4,2	69,3	92,5
	M/M3 x L. Bas./M 30	3,4	0,9	41,8	59,9
	Mold. 16 x Mold. 11	9,0	10,1	0,9	1,7
	Mold. 11 x Mold. 16	13,7	17,5	13,6	16,8
	Bas. x M/M3	8,4	2,5	-3,33	2,5
	M/M3 x Bas.	4,2	3,3	-2,9	0,8

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Таблица 2 – Степени и частота трансгрессий в комбинациях F₂ пшеницы при реакции на культуральный филтрат *F. oxysporum* (8-9°C)

N	Комбинация	Контроль		КФ <i>F. o. o.</i>	
		T _с , %	T _ч , %	T _с , %	T _ч , %
<i>Длина зародышевого корешка</i>					
	L. Bas./M 30 x M/M3	-11,2	6,4	-14,7	0,0
	M/M3 x L. Bas./M 30	-6,2	12,7	-13,0	0,0
	Mold. 16 x Mold. 11	-10,9	0,0	0,3	12,3
	Mold. 11 x Mold. 16	19,3	75,8	9,3	68,6
	Bas. x M/M3	-13,2	0,0	-23,0	0,0
	M/M3 x Basarabeanca	-2,7	0,8	-9,5	0,0
<i>Длина стебелька</i>					
	L. Bas./M 30 x M/M3	7,7	3,4	-3,8	1,7
	M/M3 x L. Bas./M 30	-9,9	0,0	-16,1	0,00
	Mold. 16 x Mold. 11	-1,1	4,1	-14,1	0,8
	Mold. 11 x Mold. 16	32,6	47,5	6,5	41,5
	Bas. x M/M3	-5,5	0,0	-1,5	0,8
	M/M3 x Basarabeanca	-13,2	0,0	7,3	3,5

При II по сравнению с I положительные трансгрессии отмечены с наименьшей частотой для обоих изученных признаков – корешка и стебелька.

Выявлено также, что в популяциях F₂ пшеницы, созданных на базе реципрокных гибридов F₁, уровень, частота и направленность (+/-) трансгрессий отличаются в значительной степени, что свидетельствует о влиянии родительского фактора на спектр фенотипических классов в расщепляющихся популяциях.

Выводы.

1. В расщепляющихся популяциях F₂ пшеницы степень, частота и ориентация (+/-) трансгрессий ростовых показателей зависят от комбинации и направленности скрещивания, количественного признака (корешок, стебелек), варианта опыта (контроль, КФ) и температурных условий.

2. Выявленная специфичность взаимодействия гибридов F₂ пшеницы с грибом *F. oxysporum* позволяет целенаправленно использовать её для идентификации ценных трансгрессивных форм.

Список литературы.

1. Радченко, И.Н. Проявление положительной трансгрессивной изменчивости по элементам продуктивности колоса у гибридов F₂ озимой мягкой пшеницы / И.Н. Радченко // Селекция и наивничество. – 2008. – Вып. 96. – С. 72–79.
2. Rieseberg, L.H. et al. The genetic architecture necessary for transgressive segregation is common in both natural and domesticated populations / L.H. Rieseberg, et al. // Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. – 2003. – Nr. 358. – P. 1141-1147.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

3. Shivaprasad, P.V. et al. Extraordinary transgressive phenotypes of hybrid tomato are influenced by epigenetics and small silencing RNAs / P.V. Shivaprasad et al. // EMBO J. – 2012. – 31. – P. 257–266.

4. Wang, C. et al. QTL Analysis for Transgressive Resistance to Root-Knot Nematode in Interspecific Cotton (*Gossypium* spp.) Progeny Derived from Susceptible Parents / C. Wang et al. // PLOS ONE. – 2012. – 7 (4). – e34874. DOI: 10.1371

5. Wang, C., Roberts, P.A. A Fusarium Wilt Resistance Gene in *Gossypium barbadense* and Its Effect on Root-Knot Nematode-Wilt Disease Complex / C. Wang, P.A. Roberts // Phytopathology. – 2006. – Vol. 96. – Nr. 7. – P. 727-734.

**Морфологические особенности пыльцевых зерен линий
томата в зависимости от уровня закладки соцветия
и высокотемпературного воздействия**
**Morphological features of pollen grains tomato lines depending
on the level of inflorescence location and high temperature
exposure**

Маковой М.Д.

Институт генетики, физиологии и защиты растений

АННОТАЦИЯ. Морфологические различия пыльцевых зерен, как между линиями, так и внутри линий детерминируются генотипическими особенностями самих линий и их специфической реакцией на высокотемпературное воздействие в зависимости от уровня положения соцветия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: томат, линии, соцветия, пыльцевые зерна, высокотемпературный стресс

ANNOTATION. Morphological differences of pollen grains, both between lines and within lines, depending on the level of inflorescence position are determined by the genotypic features of the lines themselves and their specific reaction to high-temperature exposure.

KEYWORDS: tomato, lines, inflorescences, pollen grains, high-temperature stress.

В гетерозисной селекции при подборе пар для скрещивания необходимо учитывать особенности не только материнских компонентов, но и отцовских форм используемых в качестве опылителей. При проведении искусственного опыления от знания особенностей формирования пыльцы и его качества зависит результативность проводимых операций. Недостаток знаний репродуктивных особенностей культуры [2] с которой работает исследователь, является основной причиной слабого использования процессов гаметогенеза в практической селекции, в особенности гетерозисной. Знание характеристик пыльцы, которые в значительной степени могут изменяться в зависимости от особенностей генотипа, а также конкретных условий выращивания (температуры, влажности, освещенности и т.д.) и возрастного состояния растений принципиально важно при искусственном вмешательстве в процессы опыления и оплодотворения, в частности при гибридизации и, в особенности при гетерозисной селекции.

Исходя из этого, целью наших исследований было изучение изменчивости морфологических признаков зрелого мужского гаметофита (пыльцы)

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

у линий томата в зависимости от уровня расположения их соцветий на главном стебле вегетирующего растения и её реакции на воздействие высокой температурой.

Исследования проводили на 10 линиях томата. Растения выращивали на рендомизированно расположенных делянках в трех повторностях [1] на экспериментальном поле института. Пыльцу собирали с 10 растений каждой линии, в каждой повторности из цветков соцветий разного уровня их расположения на главном стебле. Размер пыльцевых зерен определяли путем измерения их под микроскопом (тип Zeiss) с использованием шкалы окуляр- и объекта микрометра [4]. Для определения влияния высокой температуры на морфологические показатели пыльцы использовали температурный режим 45°C, время действия 8 часов. По разнице между показателями свежесобранной пыльцы (контроль) и пыльцы термообработанной (опыт) определяли реакцию линий на высокотемпературный стресс [3].

Изучение и анализ признака «размер пыльцевых зерен» у исследуемых линий, выявил особенности характерные для каждого из них. Различия имели место по варибельности этого признака, как в зависимости от местоположения соцветия на растении, так и по реакции на температурный стресс.

Крупные пыльцевые зерна (свежесобранная пыльца) имели линии – 1 (28,9 -30,0 мкм), 2 (28,0-32,9мкм) и 10 (28,0-29,0 мкм) независимо от уровня положения соцветия на растении. Самые мелкие выявлены у линий 6 (20-21 мкм) и 7 (23-24 мкм). По мере повышения высоты закладки соцветия значительно уменьшаются размеры пыльцевых зерен у линий 5 и 8. У остальных изменчивость признака высокая, но определенной зависимости от местоположения соцветия на растении не выявлено (рис 1).

При сравнительном анализе варибельности размера пыльцевых зерен (контроль-опыт) индивидуально по линиям, обнаруживается определенная реакция на воздействие высокой температурой. Например, линия 1 при равных значениях показателя данного признака на всех соцветиях в контроле, после термообработки (опыт) отмечается существенное уменьшение значения признака и, особенно выражено это на 1-2-ом (от 28,9 до 22,0 мкм) и 5-6-ом (от 30 до 24мкм) соцветиях, в то время как пыльца, полученная с соцветий фредного яруса (3-4) меньше реагирует на прогревание (от 30 до 29 мкм). Несколько иная реакция на стресс выявляется у линии 2, где после термообработки уменьшается размер пыльцевых зерен, собранных именно с 3-4-го соцветий (от 32,9 мкм до 27,6 мкм), тогда, как размер пыльцевых зерен с соцветий нижнего (1-2) и верхнего (5-6) ярусов остается на уровне значений в контроле (рис 2).

Значительным уменьшением размеров пыльцевых зерен, полученных с цветков соцветий всех уровней, реагирует на высокотемпературный стресс линия 10. Пыльцевые зерна у неё крупные. Различия в вариантах опыт-контроль существенны и соответственно составляют 19,6 мкм против 28мкм (1-2 соцветия); 20,0 мкм против 29мкм (3-4 соцветия) и 23,0 мкм против

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

29 мкм (5-6 цветении). И, наоборот, линии 6 и 7, которые имеют самые мелкие пыльцевые зерна, не реагируют на высокотемпературное воздействие (рис. 2).

Другие линии – 5 и 8, показывает уменьшение размера пыльцевых зерен, как в контроле, так и в опыте по мере возрастания уровня положения соцветия на главном стебле вегетирующего растения. Не меняются в опыте значения по данному признаку относительно контроля у линии 9 (рис. 1,2)

Рисунок 1 – Диаметр пыльцевых зерен свежесобранной пыльцы у линий томата

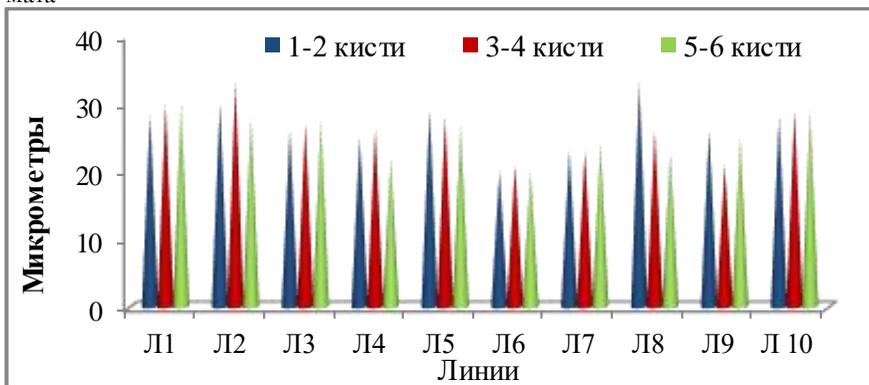
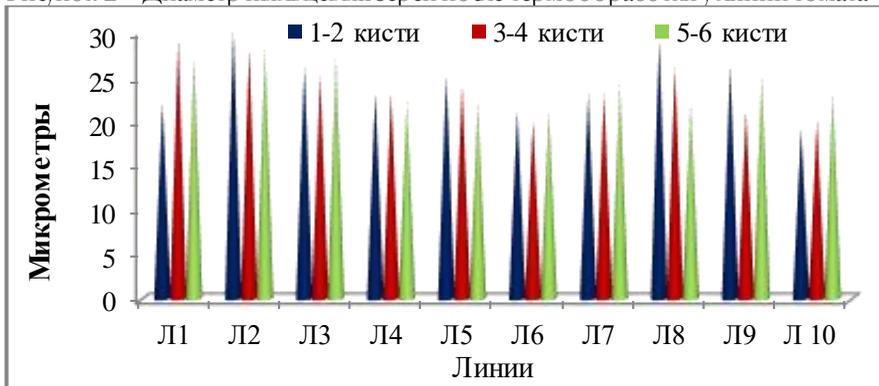


Рисунок 2 – Диаметр пыльцевых зерен после термообработки у линий томата



Таким образом, анализ характера изменчивости признака «размер пыльцевых зерен» относительно местоположения соцветия на главном стебле растения и реакции пыльцы на высокотемпературный стресс у исследуемых линий, не выявил определенной закономерности. Выявленные различия детерминируются генотипическими особенностями самих линий. Одни (1, 2, 10)

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

формируют крупные пыльцевые зерна на всех соцветиях растения, но сильно реагируют на высокую температуру, уменьшаясь в размерах, причем реакция пыльцы, полученной с соцветий разных уровней неоднозначна. Другие линии (6 и 7) наоборот имея очень мелкую пыльцу, отличаются полным отсутствием ответной реакции на температурный стресс. Наряду с ними выделены линии (5, 8), размер пыльцевых зерен которых уменьшается по мере повышения яруса положения соцветия. Эта последовательность сохраняется и, после высокотемпературного действия.

Вероятно, главной причиной внутрилинейной морфологической разноразнокачественности пыльцы в зависимости от местоположения соцветия является разное физиологическое состояние растений в онтогенезе, в том числе индивидуальная реакция генотипов, выраженная в вариабельности изученного признака в зависимости от возраста самого растения.

Из этого следует, что селекционер при гибридизации томатов, обязан учитывать местоположение цветка, возраст как материнского, так и отцовского компонента, а также особенности погодных условий. Роль возрастных изменений отражается на характере проявления признаков. Например, продолжительность жизни цветков по нашим данным составляет 12-15 дней, но этот период может иметь и другие значения в зависимости от погодных, генотипических и других неучтенных факторов.

Список литературы.

1. Доспехов Б.А. //Методика опытного дела. Москва. 1979. 416 С.
2. Жученко А.А. //Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. Москва. 2009. Том. I. 815 С.
3. Маковой М.Д. //Селекция томата на устойчивость к стрессовым абиотическим факторам с использованием гаметных технологий. Кишинев. 2018. 473 С.
4. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. Москва. 1988. 271 С.

**Комплексная оценка генофонда томата и перспективы
его использования в отечественной селекции**
**Integral assessment of tomato gene pool and prospects for its
use in domestic breeding**

Нековаль С.Н., Садовая А.Е., Бережная Т.М.

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»

АННОТАЦИЯ. Проведена работа по сохранению, поддержанию, изучению генетической коллекции томата. Показана возможность использования диких и мутантных форм томата в качестве источников ценных признаков селекции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: томат, мутантные линии, дикие виды, гибриды, фотосинтез, биохимический состав, устойчивость.

ANNOTATION. We carried out the work to preserve, maintain and study the genetic collection of tomato. The possibility of using wild and mutant forms of tomato as a source of valuable characteristics for the targeted breeding is shown.

KEYWORDS: tomato, mutant lines, wild species, hybrids, photosynthesis, biochemical composition, stability.

Томат (*Lycopersicon esculentum* Mill.) является одной из наиболее потребляемых и экономически важных овощных культур в мире. При этом потенциальные возможности роста величины и качества урожая, адаптированности к абиотическим факторам, устойчивости к болезням и вредителям недостаточно реализованы.

Дефицит генетической базы для селекции сельскохозяйственных культур, в том числе и томата, приводит к утрате у современных сортов и гибридов способности адаптироваться к существованию в изменяющихся условиях окружающей среды.

Один из способов улучшения адаптационной способности сортообразцов томата – вовлечение в селекционный процесс зародышевой плазмы от диких видов, полукультурных разновидностей и маркерных (мутантных) линий культуры [4, 5, 7].

Целью наших исследований является создание, сохранение, изучение и пополнение предселекционных ресурсов томата источниками с идентифицированным устойчивым генотипом к основным вредным объектам, получение качественного маточного селекционного материала для значительного ускорения селекционного процесса и выведения сортов томата, удовлетворяющих требованиям современного рынка.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Для реализации поставленной цели по разработанной и адаптированной методике проводится комплексное изучение мутантных линий и дикорастущих видов томата. Особое внимание уделяется оценке сопутствующего хозяйственно-ценного потенциала коллекционных линий [4, 5, 7].

Оценка наследования хозяйственных признаков от дикорастущего вида томата к мутантной форме проводится путем анализа частоты и распределения хиазм в МПК профазе мейоза I. Отмечены гибриды, обладающие большим количеством интерстициальных хиазм, представляющие интерес в селекционной практике в качестве индуктора генетической изменчивости.

Изучается интенсивность фотосинтеза (ИФ) и интенсивность транспирации (ИТ) ряда перспективных коллекционных линий томата, которые могут быть использованы селекционерами при выведении засухоустойчивых сортов. Выделены коллекционные линии, в листьях которых образуется большее количество хлорофилла а и каротиноидов, что расширяет адаптационные способности данных линий, указывая на толерантность растений к затенению [3, 4].

Представлены рекомендации по использованию ряда линий в качестве новых источников хозяйственно-ценных признаков для селекции сортов, плоды которых обладают улучшенными вкусовыми качествами, с оптимальным сахаро-кислотным коэффициентом, повышенным содержанием аскорбиновой кислоты, растворимых сухих веществ [1, 2].

В полевых и лабораторных условиях на естественном и искусственных инфекционных фонах выявляются источники вертикальной и горизонтальной устойчивости, способные обеспечить эффективную защиту культуры от вредных объектов (грибы, фитоплазмы, вирусы, фитофаги), и неблагоприятных абиотических условий (засуха, засоление, фитотоксичность почвы и воздуха) [6, 7].

Результаты комплексной оценки генетической коллекции томата вносятся в разработанные и зарегистрированные в Федеральном институте промышленной собственности базы данных. Каждая линия томата охарактеризована более чем по 50 параметрам, имеет фотокаталог с авторскими иллюстрациями, что может помочь селекционеру в выборе предселекционных ресурсов для создания сортов с заданными параметрами.

Список литературы.

1. Маскаленко О.А. Биохимическая характеристика качества плодов мутантных форм томата / О.А. Маскаленко, С.Н. Нековаль, А.В. Беляева // Рисководство. – 2017. – № 4. – С. 82–86.
2. Михайленко С. Н. Биохимическая оценка межвидовых гибридов томатов / С. Н. Михайленко, Н. А. Щербаков // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: мат. Междунар. научно-практической конференции, посвященной 50-летию ФГБНУ ВНИИБЗР. – 2010. – С. 680–684.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

3. Нековаль С.Н. Наследование морфологических признаков у межвидовых гибридов F1 растений томата / С.Н. Нековаль, Н.И. Бочарникова, Н.А. Щербаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 65. – С. 313–324.
4. Нековаль С.Н. Комплексная оценка рода *Lycopersicon* Tourm. на примере видов: *L. esculentum* var. *cerusiforme* (A.Gray) Brezh., *L. cheesmaii typicus* Riley и *L. esculentum* Mill. Мутантных форм Мо 393, Мо 500. Автореферат дис. кандидата биологических наук / КубГАУ Краснодар, 2011. – 24 с.
5. Нековаль С.Н. Коллекция диких видов томата и перспективы ее использования в селекции / С.Н. Нековаль, Д.А. Мальцева, М.А. Касьянова, О.А. Маскаленко, А.В. Беляева // Науч. обеспеч. агропром. комп. Сб. ст. по мат. IX Всеросконф. мол. уч. – Краснодар, 2016. – С. 92-93.
6. Нековаль С.Н. Оценка устойчивости коллекционных образцов томата к фитофторозу *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. / С.Н. Нековаль, О.А. Маскаленко, Д.А. Мальцева, А.В. Беляева // В сб.: Биол. защита растений – основа стабилизации агроэкосистем ФНБНУ ВНИИБЗР. – 2016. – С. 441–443.
7. Нековаль С.Н. Комплексная оценка мутантных форм генетической коллекции томата ФГБНУ ВНИИБЗР / С.Н. Нековаль, М.А. Касьянова, А.В. Беляева, Д.А. Мальцева, О.А. Маскаленко, // В сб.: Науч. обеспеч. агропром. комплекса. Сб. ст. по мат. IX Всерос. конф. мол. уч. Отв. за выпуск: А.Г. Кошдев. – 2016. – С. 90–92.

**Оценка сортообразцов озимого ячменя
на устойчивость к полеганию в условиях центральной
зоны Краснодарского края**
**Assessment of winter barley varieties for lodging resistance in
the central zone of the Krasnodar territory**

Сердюков Д.Н., Репко Н.В., Мальцева Д.А.

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени П. Т. Трубилкина»*

АННОТАЦИЯ. В статье описаны результаты двухлетних опытов по изучению устойчивости к полеганию 120 сортообразцов озимого ячменя. Выявлены формы, проявляющие высокую степень устойчивости к изучаемому признаку.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сортообразцы, озимый ячмень, высота растений, полегание, устойчивость.

ANNOTATION. The article presents the results of two-year experiments to study the lodging resistance of 120 samples of winter barley. The forms showing a high degree of resistance to the studied trait are revealed.

KEYWORDS: variety sample, winter barley, plant height, lodging, stability.

В настоящее время, как для условий Краснодарского края, так и в целом в зонах возделывания озимого ячменя одним из основных требований к вновь создаваемым сортам является их стабильная устойчивость к полеганию [1, 4]. На фоне часто и обильно выпадающих осадков со шквалистым ветром, в период налива и созревания зерна, наблюдается прикорневое полегание, которое способствует снижению количества и качества будущего урожая [5].

В связи с этим, селекционеры уделяют особое внимание новым гибридным формам, которые в жестких условиях при обильных осадках сохраняют свою высокую устойчивость.

Целью наших исследований было выявление таких устойчивых форм в условиях 2018-2019 сельскохозяйственных годов.

Исследования выполнены в условиях опытной станции КубГАУ в учхозе «Кубань» по методике, принятой в Госкомиссии по сортоиспытанию.

В качестве исходного материала использовали селекционные образцы контрольного питомника. В испытании было 120 образцов озимого ячменя.

В наших опытах, мы проводили оценку на полегание два-три раза в зависимости от проявления признака. Также фиксировали высоту растений в

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

фазу молочно-восковой спелости, далее формировали сорта по определенным группам в зависимости от проявления признака.

По классификации ВИР зерновые культуры в зависимости от высоты подразделяются на пять групп: высокорослые (более 120 см), среднерослые (100-120 см), низкорослые (80-100 см), полукарлики (60-80 см) и карлики (менее 60 см).

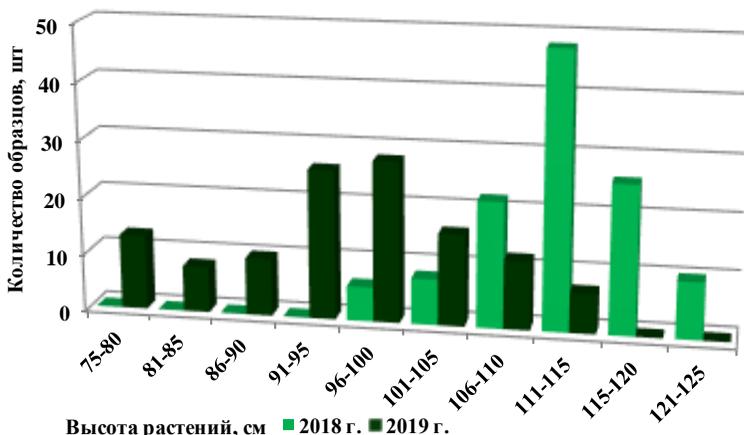
Изучив высоту растений сортов озимого ячменя контрольного питомника, мы все сорта также разделили на соответствующие группы.

Высокорослых сортообразцов в питомнике наблюдалось до 5 %. Растений от 100 до 120 см, было у 28 % образцов. Большая часть линий формировала высоту растений от 80 до 100 см, таких было 54 %. Группа полукарликов составляла 13 % от общей структуры.

Рассматривая влияние условий вегетации на высоту растений озимого ячменя, нами определено, что в 2018 году растения были более высокорослые, в сравнении с 2019 годом (рисунок 1).

Минимальная высота растений в 2018 году составляла 95 см, а максимальная 125 см. Основное количество изучаемых селекционных линий имели высоту растений в пределах 105–120 см. Анализ количества выпавших осадков за период активной вегетации 2018 года показал, что их количество составило 112,3 мм, что больше климатических норм на 33,4 мм. В связи с этим высота по питомнику достигала 125 см. В условиях 2019 года растения ощущали нехватку влаги, в период апрель – май выпало 107,3 мм, что меньше климатических норм на 16,7 мм это снизило высоту растений до 115 см. Вариация признака была от 75 см до 115 см. Большая часть растений имели высоту в пределах 90–105 см.

Рисунок 1 – Группировка высоты растений сортообразцов озимого ячменя (2018–2019 гг.)



Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Для производства представляют интерес сорта, сочетающие оптимальную высоту растений и устойчивость к полеганию [2, 3]. Нередко сорта, формирующие высокую урожайность, отличаются высокорослостью, и при благоприятных условиях увлажнения склоны к полеганию. Поэтому создание селекционных образцов, формирующих высокую урожайность на короткостебельных растениях, актуальная и перспективная задача.

Изучив среднюю устойчивость к полеганию за два года селекционных линий, нами были выявлены формы, имеющие высоту более 100 см, и не склонные к полеганию это: КА 9 х Самсон, КА 7 х Кондрат, Хайлайт х Платон, Федор х Ларец, Кариока х Достойный и Самсон х NB 034035. Эти образцы в среднем за два года опытов формировали устойчивую к полеганию соломинку, с высотой 101–108 см (таблица 1).

Таблица 1 – Высота растений, устойчивость к полеганию и урожайность сортообразцов в КП ЦИК (2018–2019 гг.)

Сорт	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см	Урожайность, т/га	± к стандарту, т/га
Стратег, ст.	8	101	7,8	
КА 7 х Кондрат	8	102	8,3	0,5
Хайлайт х Платон	8	104	7,1	-0,7
Самсон х NB 034035	8	101	7,9	0,1
КА 9 х Самсон	9	101	7,5	-0,3
Кариока х Достойный	9	102	6,8	-1,0
Федор х Ларец	8	108	8,9	1,1
КА 4 х Гордей	9	93	7,4	-0,4

Выделенные сортообразцы формировали прибавку к стандарту от 0,1 до 1,1 т/га. Наиболее высокие показатели были у линии Федор х Ларец, которая при урожайности 8,9 т/га, превысила стандарт на 1,1 т/га. Линии КА 7 х Кондрат и Самсон х NB 034035 в среднем за два года показали продуктивность на уровне 8,3–7,9 т/га, их превышение над стандартом составило 0,5–0,1 т/га.

Таким образом, нами выделены формы, формирующие в условиях опыта хорошую устойчивость к полеганию и высокие показатели урожайности.

Выделенные сортообразцы, уже сейчас возможно использовать в дальнейших программах селекционной направленности. Но необходимо дальнейшее изучение данного признака у выделенных форм, возможно на провекционных фонах, с применением повышенных доз удобрений.

Список литературы.

1. Репко, Н. В. Селекция озимого ячменя в условиях юга России / Н.В. Репко – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 258 с
2. Репко Н.В. Сортоизучение урожайности озимого ячменя / Н.В. Репко, К. В. Подоляк, А.А. Сухинин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 91. – С. 887– 900.
3. Репко, Н. В. Новые сорта озимого ячменя селекции КубГАУ / Н. В. Репко, А. В. Назаренко // Наука и образование в XXI веке : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 1 апреля 2013 г. В 6 ч. Ч. 5. – Минвообр. и науки. – М. : АР-Консалт, 2013. – С. 78.
4. Репко, Н. В. Высота растений и устойчивость к полеганию коллекционных сортов озимого ячменя / Н. В. Репко, А. С. Коблянский, Е. В. Хронюк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар : КубГАУ. – 2017. – № 133. – С. 160–172.
5. Салфетников, А.А. Влияние фроков сева на урожайность новых сортов озимого ячменя селекции КУБГАУ / А. А. Салфетников, Н. В. Репко, Е. С. Бойко, // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар : КубГАУ. – 2014. – № 95. – С. 604–632.

**Мониторинг агроценозов риса на основе
геоинформационных систем**
**Monitoring of rice agrocenoses based on geographic
information systems**

Скаженник М.А.¹, Чижиков В.Н.¹, Петрушин А.Ф.²
Киселев Е.Н.³, Пшеницына Т.С.¹

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»;

²ФГБНУ «Агротехнический научно-исследовательский институт»;

³ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

АННОТАЦИЯ. Проведены исследования по изучению оптических свойств ценозов сортов риса и их связи с морфологическими признаками растений и урожайностью для мониторинга состояния их посевов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рис, фотосинтетическая деятельность, геоинформационный мониторинг, вегетационный индекс, беспилотное воздушное судно, спутник, урожайность

ANNOTATION. Studies have been carried out to study the optical properties of rice varieties and their relationship with the morphophysiological characteristics of plants and productivity to monitor the status of their crops.

KEYWORDS: rice, photosynthetic activity, geoinformation monitoring, vegetation index, unmanned aerial vehicle, satellite, productivity.

Введение. С развитием современных технологий дистанционного зондирования, включая использование беспилотных воздушных судов (БВС), существенно возросли возможности оценки состояния сельскохозяйственных посевов на больших площадях при одновременном уменьшении затрат на мониторинг посевов риса [1, 2]. Реализация подобных технологий вкуче с соответствующими методиками и накоплением массивов экспериментальных наблюдений позволяет повысить качество прогнозирования урожайности посевов риса и снизить затраты на мелиоративные мероприятия.

Цель исследований: изучение продукционного процесса агрофитоценозов риса и проведение их геоинформационного мониторинга для разработки методики автоматизированного картографирования их состояния и прогнозирования урожайности.

Вегетационно-микрополевые опыты проводились в бетонных резервуарах площадью 3,6 м², заполненных лугово-черноземной почвой, взятой с рисовых чеков при разном уровне минерального питания: 1 кон-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

троль (без удобрений); 1 - $N_{12}P_6K_6$ (средний фон); 2 - $N_{24}P_{12}K_{12}$ (оптимальный фон); 3 - $N_{36}P_{18}K_{18}$ (высокий фон) г д. в. на m^2 . Исследовали сорта: Рапан (st), Визиг, Флагман, (интенсивный тип), Станичный, Соната, Атлант (экстенсивный тип) при густоте всходов – 300 шт./ m^2 . Определяли индекс листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистую продуктивность фотосинтеза и интенсивность образования общей фитомассы посева и отдельных органов побега. Vegetационный индекс NDVI анализировали спектрометром GreenSeeker Handheld Crop Sensor. Экспресс-контроль обеспеченности растений риса азотом определяли прибором «N-tester». Верификация оптико-биологических свойств растений проходила на тестовом полигоне для оптимизации продукционного процесса риса с помощью БВС с мультиспектральной камерой.

О фотосинтетической деятельности посевов исследуемых сортов риса на разных фонах минерального питания судили по индексу листовой поверхности (ИЛП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) в период 8 листьев-полная зрелость.

Параметры признаков индекса листовой поверхности (ИЛП) с повышением фона минерального питания возрастали и достигали оптимума на фоне $N_{24}P_{12}K_{12}$ и избытка на $N_{36}P_{18}K_{18}$, а чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) при этом снижалась.

Интегральным показателем фотосинтетической деятельности посевов исследуемых сортов риса является величина образования их надземной биомассы на единице площади. Повышенная интенсивность её образования наблюдается в фазы выхода в трубку, цветения, образования и налива зерновок и в значительной степени зависит от фона минерального питания, определяющего густоту стеблестоя и надземную фитомассу посева. Сортвые различия по её величине на 1 m^2 на одном фоне питания были в пределах ошибки опыта.

На внесение возрастающих доз удобрений посевы риса отзываются, прежде всего, ростом листовой поверхности, обусловленным увеличением размеров листьев у побегов и повышением их числа на единице площади в результате кущения растений. Оптимальный уровень азотного питания растений, увеличивая содержание хлорофилла в листьях и интенсивность фотосинтеза, одновременно повышает и оптимальную величину ИЛП. В нашем опыте растения риса не достигли своей оптимальной величины ИЛП из-за возраста растений (6 листьев), но ИЛП имеет тесную связь с вегетационным индексом $r = 0,90 \pm 0,09$, $r^2 = 0,84$.

Одним из важных жизнеобеспечивающих факторов внешней среды для сортов риса является оптимальное обеспечение их посевов азотом в онтогенезе, о котором можно судить по содержанию этого элемента в надземной массе. На фоне $N_{24}P_{12}K_{12}$ концентрация азота в растениях была в пределах оптимума [3]. Полученные данные согласуются с показани-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

ями N-тестера, определяющего интенсивность окраски листьев в период вегетации растений и его данные тесно связаны с величинами ИЛП и фюмассой.

Значения вегетационного индекса, полученные с помощью спектрометра GreenSeeker варьировали от 0,18 до 0,77 единиц в зависимости от фона минерального питания и имели положительную связь с признаками фотосинтетической деятельности растений и их азотным статусом. Получены семь уравнений линейной регрессии, позволяющее оценить степень связи урожайности с вегетационным индексом NDVI.

Оптимальная величина вегетационного индекса находится в диапазоне 0,68-0,76 единиц и соответствует содержанию азота в надземной массе в пределах 3,97-4,41 %. Эти величины NDVI и содержания азота следует считать оптимальными для начальной фазы кушения риса, когда развиваются боковые продуктивные побеги, и использовать их в растительной диагностике азотного питания растений в начале их кушения.

Кроме того, проведена верификация оптико-биологических свойств растений на тестовом поле № 7 (площадь 13,75 га, ОПУ «ФНЦ риса») для оптимизации продукционного процесса риса (с помощью БВС с мультиспектральной камерой и данных спутника). Предварительно растровые данные по вегетационному индексу и урожайности были совмещены в единой таблице, где каждая строка содержит информацию о географических координатах текущего пиксела, значения NDVI (3 фрока) по данным БВС, спутника Sentinel и информация об урожайности.

Из краткого обзора вида частотного распределения переменных можно сделать следующие выводы. На поле 7 (сорт Фаворит) гистограммы, отражающие распределение вегетационного индекса по данным съемки с БВС и спутника Sentinel-2A в близкие даты в начале июня, объединяет их многомодальность. Последнее свойство, обнаруженное на независимых данных, может свидетельствовать о наличии некоторых специфических микромасштабных факторов, определяющих пространственное распределение посевов риса внутри поля в июне. В конце августа характер распределения NDVI меняется, что подтверждается и данными измерений: гистограмма становится близкой к унимодальной, при этом ей присуща некоторая отрицательная асимметрия (левая сторона вытянута). Анализ корреляционной матрицы переменных NDVI показал статистически среднюю взаимосвязь пространственных распределений исследуемых переменных. Апробацию экспериментальной методики мониторинга посевов в 2019 г., опирающейся на средства дистанционного зондирования тестовых участков, набор исходных пространственных данных, средства геоинформационного моделирования и статистический аппарат, следует, на наш взгляд, признать удовлетворительной. Полученные результаты позволяют совершенствовать методику мониторинга со-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров
стояния посевов и прогнозирования урожая риса с использованием опти-
ческих характеристик растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-416-
230021.

Список литературы.

1. Агрохимический сервис учебное пособие / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бон-
дарева. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 21 с
2. Точное земледелие: теория и практика / В.В. Якушев. – СПб.: ФГБНУ
АФИ, 2016. – 364 с
3. Физиологические основы минерального питания риса / Н.В. Воробь-
ев Н.В., М.А. Скаженник. – Краснодар, 2005. 194 с

**Способы повышения сохранности маточных корнеплодов
сахарной свеклы в послеуборочный период**
**Ways to improve the safety of sugar beet mother roots
in the post-harvest period**

Смирнов М.А.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы
и сахара имени А.А. Мазлумова»*

АННОТАЦИЯ. Показаны результаты исследования способов хранения маточных корнеплодов сахарной свеклы. Выявлена эффективность обработки посадочного материала фунгицидом и инфракрасным излучением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хранение, маточные корнеплоды, фунгицид, инфракрасное излучение, эффективность.

ANNOTATION. The results of research of methods of storage of sugar beet mother roots. The effectiveness of treatment of planting material with fungicide and infrared radiation was revealed.

KEYWORDS: storage, safety, sugar beet mother roots, fungicide, infrared radiation, efficiency.

В настоящее время сахарная свекла является единственной сельскохозяйственной культурой, которая используется в России для производства сахара. Увеличение продуктивности культуры неразрывно связано с ее селекцией и семеноводством.

Подпрограмма развития селекции и семеноводства сахарной свеклы в Российской Федерации (2017-2025 гг.) выделяет в качестве основных такие направления, как создание конкурентоспособных гибридов сахарной свеклы отечественной селекции, разработка и применение высокоэффективных технологий первичного и репродуктивного семеноводства. В результате реализации подпрограммных мероприятий доля семян гибридов сахарной свеклы отечественной селекции в общем объеме высеванных семян должна составлять не менее 20 % [1].

Необходимо отметить, что высокий урожай семян гибридов сахарной свеклы может быть получен только от здоровых корнеплодов, не пораженных корневыми гнилями, отличающихся высокой жизненной силой.

Поэтому при хранении посадочного материала необходимо создать такие условия, которые обеспечили не только высокую его сохранность, но и приживаемость, рост и развитие семенных растений.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Научными исследованиями выявлено, что применение физических, химических и биологических способов хранения маточных корнеплодов сахарной свеклы усиливает их защитные реакции в послеуборочный период [2-4].

Целью исследований являлось изучение влияния предварительной обработки маточных корнеплодов сахарной свеклы фунгицидом и инфракрасным излучением на сохранность при хранении.

Объектом исследования являлись маточные корнеплоды МС-компонента гибрида РМС-127.

Для исследования влияния инфракрасного (ИК) излучения использовали рефлектор Минина (синяя лампа), экспозиция – 30 секунд. В качестве фунгицидной обработки применяли опрыскивание посадочного материала препаратом «Кагатник, ВРК» в дозе 0,10 л/т. Расход рабочего раствора составил 5 л/т.

Опыт проводили в трехкратной повторности. Обработку полученных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием Microsoft Excel.

Установлено, что комплексная обработка фунгицидом «Кагатник» (0,10 л/т) и ИК-излучением (30 сек.) наиболее эффективна. Так, после хранения количество загнивших маточных корнеплодов составило 11,7 %, масса гнили 1,6 %, что меньше чем на контроле (19,0 и 3,6 %) на 38,4 и 55,5 % соответственно. Количество общих потерь массы по сравнению с контролем также было ниже на 24,0 %. Биологическая эффективность способа хранения составила 55,3 % (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние способов хранения на сохранность посадочного материала, 2018-2020 гг.

Показатель	Вариант			
	Контроль	«Кагатник», 0,10 л/т	ИК- излучение, 30 сек.	«Кагатник», 0,10 л/т + ИК- излучение, 30 сек.
Загнившие корнеплоды, %	19,0	14,0	13,6	11,7
Проросшие корнеплоды, %	32,7	12,7	11,4	11,3
Масса гнили, %	3,6	2,2	2,3	1,6
Потери массы, %	7,5	5,9	6,6	5,7
Биологическая эффективность, %		38,0	36,4	55,3

В период хранения прорастание маточных корнеплодов является следствием нарушения режима хранения и связано с ростом температуры в общей

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

массе корнеплодов, что в последующем оказывает отрицательное влияние на продуктивность семенных растений. Задача хранения маточных корнеплодов – обеспечение оптимального температурно-влажностного режима хранения, при котором посадочный материал к концу хранения имел здоровые ростки длиной не более 3 см.

Из полученных экспериментальных данных следует, что обработка фунгицидом «Кагатник» и ИК-излучением, как отдельно, так и в комплексе способствует по сравнению с контролем (без обработки) снижению прорастания маточных корнеплодов при хранении. Применение фунгицида «Кагатник» позволяет снизить количество проросших корнеплодов на 61,2 %, ИК-излучения (30 сек.) – на 65,1 %, а в комплексе «Кагатник» (0,10 л/т) и ИК-излучение (30 сек.) – на 65,4 %.

Таким образом, применение на стадии послеуборочного хранения маточной сахарной свеклы фунгицида «Кагатник» и ИК-излучения, как отдельно, так и в комплексе оказывает положительное влияние на сохранность посадочного материала. Способы хранения повышают устойчивость посадочного материала к патогенам. Максимальный эффект достигается при совместном применении фунгицида «Кагатник» и ИК-излучения.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2018 года №1615 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://static.government.ru/media/files/Aa4pyASB4dEANcOqFVxYAlBPPpqHwtZ3.pdf>. Дата обращения 6.04.2020.
2. Бартнев, И.И. Влияние различных условий хранения на поражаемость болезнями и израсстание маточных корнеплодов сахарной свеклы / И.И. Бартнев, С.В. Сащенко, Д.С. Гаврин, А.В. Новикова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2015. – №6 (128). – С. 25-31.
3. Подвигина, О.А. Влияние низкоинтенсивного когерентного излучения на сохранность посадочного материала / О.А. Подвигина, И.И. Бартнев, С.В. Сащенко // Лесотехнический журнал. – 2018. – №4. – С. 23-28.
4. Смирнов, М.А. Эффективность фунгицидов против возбудителей кагатной гнили маточной сахарной свеклы / М.А. Смирнов, Г.А. Селиванова // Сахарная свекла. – 2018. – №5. – С. 28-31.

**Сравнительное изучение
морозостойкости у привитой и корнесобственной вишни**
**Comparative study
of frost resistance in grafted and root cherry**

Упадышева Г. Ю.

*ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства
и питомниководства»*

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты исследований по искусственному промораживанию однолетних ветвей привитых и корнесобственных растений 4-х сортов вишни. Установлена более высокая зимостойкость генеративных почек у корнесобственных деревьев сортов Апукхтинская и Волочаевка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вишня, клоновый подвой, корнесобственные растения, морозостойкость, метод искусственного промораживания.

ANNOTATION. The results of studies on the artificial freezing of annual branches of grafted and root plants of 4 varieties of cherries are presented. A higher winter hardiness of the generative buds in the varieties Apukhtinskaya and Volochaevka in a root-type variant was established.

KEYWORDS: cherry, done stock, root plants, frost resistance, method of artificial freezing.

Эффективность выращивания вишни в Центральном регионе России в значительной мере определяется устойчивостью вишневых насаждений к неблагоприятным условиям зимнего периода [1]. Чаще всего без урожая вишня остается после суровых зим, когда морозы достигают тридцатиградусной отметки. В наибольшей степени подмерзают генеративные почки у районированных сортов, таких как Владимирская. В настоящее время сортимент вишни значительно обновился, появились новые самоплодные сорта с высокими потребительскими качествами плодов [2]. Однако зимостойкость этих сортов изучена недостаточно. На повышение устойчивости вишни к морозам может в значительной мере влиять используемый клоновый подвой [5]. В тоже время с каждым годом увеличивается доля насаждений вишни, заложенных корнесобственным посадочным материалом, выращенным из зелёных черенков [6, 7]. Работ по сравнительному изучению адаптивности корнесобственных и привитых растений вишни очень мало [3]. Целью наших исследований стало изучение морозостойкости генера-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

тивных и вегетативных органов и тканей у привитых и корнесобственных деревьев вишни.

Исследования проводили в 2019-2020 гг. в лаборатории физиологии ФГБНУ ВСТИСП на 4-х сортах вишни (Волочаевка, Малиновка, Октава и Апухтинская). Изучение зимостойкости проводили методом искусственного промораживания согласно методике «Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях» [4]. Для промораживания в конце ноября были заготовлены однолетние ветви с корнесобственных и привитых плодоносящих растений вишни. Образцы хранили до промораживания в холодильном шкафу POLAIR (ПХ-0,7). В каждом варианте – 10 ветвей.

В январе было проведено искусственное промораживание однолетних ветвей корнесобственных и привитых растений вишни в климатической камере ТН-6 JEIO TESH -1000. Были смоделированы условия 2-го компонента зимостойкости (максимальная морозостойкость, закалка при $t = -5^{\circ}\text{C}$ 3 суток, при $t = -10^{\circ}\text{C}$ 3 суток, промораживание при $t = -32^{\circ}\text{C}$).

Данные искусственного промораживания по 2-му компоненту зимостойкости показали различия между максимальной морозостойкостью генеративных почек, обусловленные сортом и способом выращивания деревьев. Лучшая сохранность цветковых зачатков (более 30 %) отмечена у сорта Апухтинская. Более 20 % живых зачатков сохранилось у привитых деревьев сорта Октава и у сорта Волочаевка независимо от способа выращивания (табл. 1).

Таблица 1 – Морозостойкость генеративных почек на однолетних ветвях корнесобственных и привитых растений вишни после искусственного промораживания в середине зимы, 2019-2020 гг.

Сорт	% жизнеспособных цветковых зачатков		
	Корнесобственные	Привитые	х ср.
Малиновка	7,3 а*	10,7 б	9,0 а
Октава	17,0 с	21,7 д	19,4 б
Волочаевка	30,2 е	22,1 д	26,2 с
Апухтинская	35,4 ф	30,3 е	34,4 д
х ср.	22,5 а	21,9 а	

**Разными буквами показана существенность различий на 5 % уровне значимости.*

Отмечена более высокая зимостойкость генеративных почек у привитых деревьев по сравнению с корнесобственными у сортов Малиновка и Октава, а у остальных сортов более устойчивыми оказались цветковые зачатки у деревьев в корнесобственном варианте.

При оценке повреждений вегетативных почек и тканей однолетних ветвей не удалось установить различий между сортами и вариантами из-за слабого повреждения (табл. 2).

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Таблица 2 – Степень повреждения вегетативных почек и тканей однолетних ветвей у корнесобственных и привитых растений вишни после искусственно-го промораживания, в баллах, 2019- 2020 гг.

Сорт	Вегетативные почки	Сосудистый пучок под почкой	Флоэма
Корнесобственные растения			
Малиновка	0,3	0,6	0,4
Октава	0,7	1,2	0,7
Волочасвка	0,4	1,0	0,6
Апухтинская	0,3	0,6	0,4
Привитые растения			
Малиновка	0,4	0,9	0,5
Октава	0,6	0,8	0,6
Волочасвка	0,4	0,9	0,4
Апухтинская	0	0,4	0

Наиболее уязвимыми к действию мороза оказались ткани сосудисто-волоконистого пучка под почкой у большинства сортов, за исключением сорта Апухтинская, повреждения которого были оценены около 1 балла. Вегетативные почки оказались практически без повреждений, а подмерзания флоэмы составили около 0,5 балла.

Таким образом, в результате анализа данных искусственного промораживания установлена более высокая устойчивость генеративных почек к максимальным морозам в середине зимы у сорта Апухтинская (сохранность цветковых зачатков более 30 %). Выявлено, что у сортов Апухтинская и Волочасвка более устойчивыми являются цветковые зачатки в корнесобственном варианте, а у сортов Малиновка и Октава – у привитых деревьев.

Список литературы.

1. Колесникова, А.Ф. Улучшение сортимента вишни на основе клонового отбора / А.Ф. Колесникова. Орел, 2010. –183 с
2. Морозова, Н.Г. Новые сорта косточковых культур, выведенные в ФГБНУ ВСТИСП/ Н.Г. Морозова, В.С. Симонов// Садоводство и виноградарство, 2017. – № 2. –С. 40-46.
3. Ревякина, Н.Т. Особенности корнесобственной и привитой вишни в средней полосе РСФСР/ Н.Т. Ревякина// Садоводство и виноградарство, 1991.– № 4.–С. 10-11.
4. Тюрина, М.М. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях// М.М.Тюрина, Г.А. Гоголева, Н.В.Ефимова и др. М., 2002.– 119 с
5. Упадышева, Г.Ю. Инновационные элементы технологии возделывания вишни/ Г.Ю. Упадышева // Достижения науки и техники АПК, 2016.– Т.30.– № 9.– С.70-72.

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

6. Упадышева, Г.Ю. Продуктивность насаждений вишни, заложенных привитыми и корнесобственными саженцами/ Г.Ю. Упадышева// Плодоводство и ягодоводство России, 2015 –Т. XXXXII.– С. 254-258.

7. Шарафутдинов, Х.В. Изучение различных способов получения привитого посадочного материала вишни и черешни/ Х.В. Шарафутдинов // Известия ТСХА, 2008.– № 2.– С. 67-77.

**Контроль над распространением ГМО в странах
Евразийского Экономического Союза**
**Control system over the spread of GMOs in the countries of the
Eurasian Economic Union**

Чесноков Ю.В.

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

АННОТАЦИЯ. Показана потенциальная возможность несанкционированного распространения ГМ-растений на территории России и стран Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС). Указывается на необходимость соблюдения международных обязательств и выработки мер контроля над ГМО в рамках существующего законодательства стран ЕАЭС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГМО, страны ЕАЭС, биобезопасность, генетическое разнообразие.

ANNOTATION. The potential possibility of unauthorized distribution of GM plants in the territory of Russia and the countries of the Eurasian Economic Union (EAEU) is shown. The need to comply with international obligations and develop control measures within the framework of the existing legislation of the EAEU countries is indicated.

KEYWORDS: GMOs, EAEU countries, biosafety, genetic diversity.

В последние десятилетия, благодаря разработке новых и совершенствованию имеющихся методов молекулярно-генетического изучения геномов живых организмов, в развитых капиталистических странах идет активное получение и широкое внедрение в сельскохозяйственное производство новых коммерческих генно-инженерно-модифицированных (ГМ) сортов растений. На сегодняшний день существует ряд международных соглашений, регламентирующих сохранение, а также устанавливающих надлежащий уровень защиты в области безопасной передачи, обработки и использования таких сортов [1, 2]. Так, согласно Конвенции по биоразнообразию [2], каждая страна-участница должна разработать Стратегию и Программу по сохранению и использованию своих биоресурсов, принимая во внимание их гарантированное и безопасное воспроизводство. Важными мероприятиями в этом контексте являются, например, установление и утверждение способов и методов регулирования, управления и контроля над рисками, связанными с созданием, использованием и распространением ГМ сортов, а также разработка соответствующих процедур оценки возможного неблагоприятного воздействия генетически модифицированных

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров
организмов (ГМО) на окружающую среду, включая экологизацию сельскохозяйственного производства.

Возникновение любых новых селекционно-значимых форм, в конечном итоге, всегда определяется генетическими изменениями. В этой связи развитие современных технологий создания ГМО можно лишь приветствовать. Уже сегодня ГМО – продуценты рекомбинантных биологически активных веществ, спасают жизни людей, а трансгенез – является одним из важнейших научных инструментов, позволяющих проводить фундаментальные исследования и устанавливать функции генов. Проблема возникает лишь при постепенных и широкомасштабных планах выращивания коммерческих ГМ-растений в естественной среде на сельхозугодьях и их использования в качестве продуктов питания.

Россия является одной из стран, в которых запрещено выращивание коммерческих ГМ культур. Однако, по данным Роспотребнадзора [3] в 2008 г. в Российской Федерации прошли полный цикл всех необходимых исследований и разрешены для использования в питании, в том числе в виде семян, 15 линий ГМО растительного происхождения, полученных с применением генно-инженерных технологий: 8 линий кукурузы, 3 линии сои, 2 сорта картофеля, 1 линия сахарной свеклы, 1 линия риса. Однако, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 23 сентября 2013 Г. N 839 «О государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов, предназначенных для выпуска в окружающую среду, а также продукции, полученной с применением таких организмов или содержащей такие организмы», становится возможным выращивание ГМ-растений и нахождение иных форм ГМО в открытых (агро)экосистемах России, в связи с чем возрастают риски непреднамеренного загрязнения коллекций генетических ресурсов растений и сельхозугодий, являющихся основой для полноценной реализации Доктрины продовольственной безопасности нашей страны.

На сегодняшний день в мире более 800 млн. голодающих и мировой дефицит белка составляет 35-40 млн.т./год. Население Земли к 2050 г. по прогнозам ученых достигнет 10 млрд человек. В этой связи, урожайность основных зерновых культур - пшеницы, риса и кукурузы - к 2050 году необходимо повысить в 3-4 раза. ГМ-растения отлично подходят для решения проблемы увеличения производства мировой сельскохозяйственной продукции и решения проблемы голода на планете. В то же время, общий определитель голода — способ подсчёта мирового уровня голода и недоедания, показывает, что страны Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС) - Россия, Белоруссия, Казахстан, Армения и Киргизия - не испытывают проблем обеспечения собственного населения продуктами питания.

Россия, и все остальные страны ЕАЭС, подписавшие и ратифицировавшие Конвенцию по биоразнообразию (КБР, 1992), должны разработать

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

Стратегию и Программу по сохранению и использованию своих биоресурсов, принимая во внимание их гарантированное и безопасное воспроизводство. Важными мероприятиями в этом контексте являются, например, установление и утверждение способов и методов регулирования, управления и контроля над рисками, связанными с созданием, использованием и распространением ГМ сортов, а также разработка соответствующих процедур оценки возможного неблагоприятного воздействия ГМО на здоровье человека и окружающую среду. Следует отметить, что другие страны ЕАЭС подписали и ратифицировали Картахенский протокол по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии [1]. Цель данного протокола заключается в содействии обеспечению надлежащего уровня защиты в области безопасной передачи, обработки и использования ГМО, являющихся результатом применения современной биотехнологии и способных оказать неблагоприятное воздействие на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия, с учетом также рисков для здоровья человека, главным образом при трансграничном перемещении ГМО. Основное положение Протокола состоит из требования применения процедуры заблаговременного обоснованного согласия до первого преднамеренного трансграничного перемещения ГМО, предназначенных для преднамеренного высвобождения в окружающую среду. Ввоз ГМО производится после получения экспортером разрешения страны импорта, которое выдается после тщательного анализа рисков возможных неблагоприятных последствий высвобождения ГМО в окружающую среду. При этом процедура заблаговременного обоснованного согласия не применяется к трансграничному перемещению ГМО, предназначенного для непосредственного использования в качестве пищи или корма или для переработки. Россия не подписала Картахенский протокол, но она является членом ЕАЭС, а это означает необходимость приведения российского законодательства в соответствии с законодательствами других стран-членов ЕАЭС.

Как указывал академик А.А.Жученко [4], геномная инженерия – хотя и исключительно важный, но лишь один из многочисленных методов управления генотипической изменчивостью организмов, широко используемых в селекционной практике. И если число трансгенных сортов в настоящее время исчисляется десятками, то обычных – десятками тысяч и охватывает не 150, а свыше 5 тысяч культивируемых растений. Задачи традиционной селекции значительно шире: они включают как продукционные, так и фреодоулучшающие направления, а также введение в культуру новых видов. И, наконец, современные методы селекции позволяют манипулировать одновременно десятками признаков, включая полигенные, тогда как возможности трансгеноза пока ограничиваются единичными генами. Главная же трудность заключается в том, что мы пока не в силах точно спрогнозировать не только все последствия широкого использования ГМО в долговре-

Устойчивость растений к действию абиотических и биотических стрессоров

менной перспективе, но и потенциальный риск в обозримом будущем. То, что генетическая инженерия позволяет обеспечить «гибридизацию без границ», вовсе не дает право для безграничных фантазий, выдаваемых нередко в качестве панацеи, позволяющей избавиться современную цивилизацию от всех природных, экономических и социальных бед.

Список литературы.

1. Картахенский Протокол по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии (КПКБР). – 2000 г.
2. Конвенция о биологическом разнообразии (КБР). – 1992 г.
3. Онищенко Г.Г. «О совершенствовании надзора за пищевыми продуктами, содержащими ГМО и ГММ». Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 20 августа 2008 г. №01/9044-8-32.
4. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. М.: Изд-во Агрорус, 2009. Т.2. с.458-480

3. Направление «Современные основы теории селекционного процесса»

УДК 378.14

**Подготовка кадров высшей квалификации
по специальности «Селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений»:
основные вызовы и задачи**
**Training of the highest qualification in the
speciality «Breeding and seeding of agricultural plants»:
key challenges and challenges**

Думачева Е.В.², Чернявских В.И.¹

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства
и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»;

² ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии»

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены особенности ведения образовательного процесса по обучению кадров высшей квалификации в аспирантуре учебных учреждений (ВУЗов) и научных организаций по образовательной программе (профилю подготовки) «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений». Обсуждаются проблемы, связанные с организацией дистанционного обучения, формирования учебно-методических материалов, условий практической подготовки и научной работы в научных организациях, реализующих образовательный процесс. Особое внимание уделено специфике подготовки кадров селекционеров и семеноводов с учетом современных требований к селекции и семеноводству кормовых культур. Необходима координация ведущих научных и образовательных учреждений, находящихся под методическим руководством Российской академии наук (фундаментальная наука), в тесном взаимодействии с сельскохозяйственными предприятиями различных форм собственности (прикладная селекция и семеноводство). Сделан вывод о том, необходимо шире внедрять сетевые образовательные программы: ВУЗам следует активно создавать на базе научных организаций кафедры по практической подготовке аспирантов, а научным организациям позволит оптимизировать учебно-методическое сопровождение образовательного процесса, что является важным требованием Закона об образовании.

Современные основы теории селекционного процесса

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Аспирантура, селекция и семеноводство, дистанционное обучение, научные организации, инновационные подходы к обучению.

ANNOTATION. The features of the educational process for training highly qualified personnel in the postgraduate study of educational institutions (universities) and scientific organizations on the educational program (training profile) «Selection and seed production of agricultural plants» are considered. The problems associated with the organization of distance learning, the formation of educational and methodological materials, the conditions for practical training and scientific work in scientific organizations that implement the educational process are discussed. Particular attention is paid to the specifics of training breeders and seed breeders, taking into account modern requirements for the selection and seed production of forage crops. It is necessary to coordinate the leading scientific and educational institutions under the methodological guidance of the Russian Academy of Sciences (fundamental science), in close cooperation with agricultural enterprises of various forms of ownership (applied breeding and seed production). It was concluded that it is necessary to introduce network educational programs more broadly: universities should actively create departments for the practical training of graduate students on the basis of scientific organizations, and scientific organizations will be able to optimize educational and methodological support of the educational process, which is an important requirement of the Law on Education.

KEYWORDS: Postgraduate study, selection and seed production, distance learning, scientific organizations, innovative approaches to teaching.

При рассмотрении основных процессов, происходящих в настоящее время в области подготовки высших научных исследовательских и педагогических кадров в аспирантуре, большинство исследователей сходятся во мнении, что, как в России, так и в развитых странах (США, Великобритании, Франции и др.) подготовка научной элиты переживает непростой период. В процентном отношении количество выпускников аспирантуры, защитивших в итоге диссертацию, в странах Евросоюза изменяется от 20 до 50 %. По оценкам исследователей, в нашей стране после введения новых требований к подготовке аспирантов на основе ФГОСов на защиту диссертации уходит лишь треть завершивших обучение. Эту тенденцию связывают с рядом причин: снижением мотивации к получению ученой степени, сокращением числа диссертационных советов, ужесточением требований к публикациям результатов научных исследований и т.д. [1,2,4].

Эти негативные тенденции последних пяти-шести лет вызывают обеспокоенность научной общественности. В свое время, изменение требований к обучению в аспирантуре путем объявления ее высшей степенью образования, введения по окончании обучения дипломов преподавателя-исследователя преподносилось авторами реформы как панацея от утраты интереса молодежи к научной деятельности. Однако мотивация к обучению в

Современные основы теории селекционного процесса

аспирантуре не претерпела изменений – молодые ученые не почувствовали своей востребованности и заинтересованности государства или частных структур в защите ими кандидатских диссертаций [3-5].

Хотелось бы подчеркнуть, что идеи, заложенные в компетентностном подходе ФГОСов, были прогрессивными.

Прежде всего, диплом преподавателя-исследователя, который получают выпускники после окончания аспирантуры, дает им возможность преподавать учебных заведениях, как средних профессиональных, так и в высших. Увеличение сроков обучения по отдельным направлениям на один год (в частности, по направлению «Сельское хозяйство»), также было нацелено на то, чтобы аспиранты завершили не только экспериментальную часть исследований, но и их провели обработку данных, а также их обсуждение, подготовив и защитив выпускную квалификационную работу, которую разработчики представляли как диссертацию.

Новые стандарты унифицировали требования к обучению, независимо от того, где реализуется образовательный процесс – в ВУЗе или в НИИ.

Важным элементом стало и обязательно требование ко всем образовательным организациям изменить отношение к электронным и дистанционным образовательным технологиям, активно и широко внедрять их в процесс обучения и научной подготовки аспирантов.

Обеспечение развития дистанционного образования в системе научных учреждений на первых этапах реализации новых стандартов было затруднено не только техническими, но и психологическими причинами. В стенах научных учреждений аспирант всегда рассматривался как ученый, а не как ученик, который всегда должен находиться рядом со своим научным руководителем. Поэтому понимание важности внедрения в образовательный процесс в научных учреждениях дистанционных технологий, позволяющих повысить уровень дидактической надежности и валидности процесса обучения, приходило постепенно, по мере перехода на новые стандарты обучения и формирования в научных учреждениях, реализующих образовательный процесс, электронной образовательной среды.

По нашему мнению, вызовы и задачи, которые приходится решать, во многом общие для всех организаций, реализующих процесс подготовки в аспирантуре:

- мотивация к обучению в процессе теоретической подготовки,
- мотивация к защите кандидатской диссертации.

Но есть и своя специфика. В частности, это касается следующих вопросов:

- научно-педагогический состав ВУЗов ориентирован и мотивирован на выполнение требований ФГОСов, поскольку они работают в этой системе от подготовки бакалавров до аспирантов и шли к этому поэтапно,

Современные основы теории селекционного процесса

- в ВУЗах организован документооборот, касающийся процесса обучения, внедрения электронной образовательной среды (разработка сайтов, отлаженная работа электронных библиотечных систем и т.д.);

- выполняются требования по обучению лиц с ограниченными возможностями (пандусы, компьютеры со шрифтом Брейля и т.д.);

- выполняются требования по организации дистанционного обучения и формированию электронной среды и другие.

В научных учреждениях, которые осуществляют образовательный процесс, есть свои особенности:

- аспиранты напрямую вовлечены в процесс научных исследований лабораторий и отделов,

- подготовкой занимаются высококвалифицированные кадры научных сотрудников по разнообразным тематикам;

- есть сложности при организации документооборота, касающийся процесса обучения, в том числе лиц с ограниченными возможностями, по организации дистанционного обучения и формированию электронной среды и другие.

При подготовке аспирантов в области селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений, в первую очередь, кормовых культур, необходимо также учитывать и специфику самой специальности.

Современное аграрное производство достигло такого уровня, что его влияние становится, фактически, геологическим процессом, влияющим на биосферу планеты в целом

Основной его тенденцией является упрощение экосистем. Развитие аграрного сектора экономики на основе производства сырья из небольшого количества культур, имеющих наибольшее экономическое значение в мире, ведет к обеднению биоразнообразия агроэкосистем и снижению их устойчивости.

Кормовые культуры занимают особое место в сельскохозяйственном производстве. Площадь их возделывания составляет около 19 млн. га и, наряду с другими культурами, они занимают важнейшее место в экономике сельскохозяйственного производства России.

Основная задача – повышение продуктивности животных.

Наряду с основной экономической задачей – обеспечением кормами животноводства, кормовые культуры выполняют ряд других важнейших функций:

- повышение биоразнообразия и устойчивости агроэкосистем;
- повышение плодородия и защита почв от эрозии;
- создание кормовых угодий для пчеловодства;
- ландшафтное и зеленое строительство;
- средоулучшающие технологии для комфортного проживания людей.

Важнейшей и наиболее сложной частью возделывания кормовых растений и особенно наиболее многочисленной их группы – многолетних трав, являются селекция и семеноводство.

Современные основы теории селекционного процесса

Успех селекции зиждется как на классических методах селекционной работы: гибридизация, рекуррентная селекция, различные виды отбора, мутагенез и другие с испытанием полученного материала по потомству в поле, так и на основе современных методов геномной селекции и биотехнологии.

Селекция и семеноводство кормовых растений и особенно многолетних трав требуют специальных фундаментальных и очень специфических знаний.

В связи с этим важнейшее значение приобретает деятельность по подготовке кадров, как высшей квалификации, так и специалистов среднего звена.

Имеется положительный опыт подготовки аспирантов в плане обучения современным методам селекции, таким как разработка систем молекулярного маркирования для генетической паспортизации сортов кормовых культур; ДНК-маркирование селекционно-ценных признаков и свойств; изучение генетической изменчивости дикорастущих и культурных видов кормовых растений и другие.

В результате сравнение анализируемого образца с эталонным ДНК-паспортом позволит решить такие задачи, как генетическая идентификация, контроль сортовой чистоты и сортового соответствия семенного материала.

Важно, что современные исследования позволяют выходить на новый, более высокий уровень ординации и оценки селекционного материала и контроля сортов.

Отечественная селекция и семеноводство трав должны давать производителям ряд преимуществ по сравнению с сортами-конкурентами:

- пригодность сортов как для возделывания в севооборотах, так и на пастбищах, сенокосах и ландшафтном строительстве;
- травостой должны обладать устойчивостью на заявленный период времени, устойчивостью к болезням, вредителям, обладать высоким качеством зеленой массы и сена;
- обладать рентабельностью, большей по сравнению с конкурентами;
- обеспечивать более эффективное использование труда и имеющейся в распоряжении техники;
- обеспечивать для производителей нечастые и небольшие дополнительные инвестиции.

Анализ Государственного реестра селекционных достижений РФ за 5-летний период, показал тенденцию увеличения количества и доли иностранных сортов, наиболее значительную по злаковым травам – более 50 % сортов в реестре являются иностранными.

И проблема на современном этапе состоит не в селекции и «генетике» отечественных сортов, а в системе семеноводства, особенно его первичного звена.

Основная проблема размножения многих кормовых культур, особенно многолетних трав – низкая семенная продуктивность. Улучшение семенной продуктивности возможно за счет оптимального географического размеще-

Современные основы теории селекционного процесса

ния посевов, как по зонам страны, так и в различных элементах агроландшафтов, обеспечивающее реализацию их продуктивного потенциала.

Научные учреждения России, явно отстают по уровню технического обеспечения заключительного звена селекции (сортоиспытания) и первичного звена семеноводства (производство оригинальных и элитных семян), и значительно уступают в этом своим конкурентам.

Отсутствие субсидирования делает отрасль семеноводства кормовых культур и, особенно, многолетних трав на современном этапе малопривлекательной для товаропроизводителей, за исключением наиболее прогрессивно мыслящих руководителей отдельных предприятий, которые готовы готовить для себя кадры в аспирантуре и привлекать на работу молодых перспективных ученых.

Необходима координация ведущих научных и образовательных учреждений, находящихся под методическим руководством Российской академии наук (фундаментальная наука), в тесном взаимодействии с сельскохозяйственными предприятиями различных форм собственности (прикладная селекция и семеноводство); широкое внедрение сетевых образовательных программ и создание ВУЗами на базе научных организаций кафедр по практической подготовке аспирантов. Такое «взаимопроникновение» позволит организациям использовать электронные библиотечные системы и образовательную среду вузов при обучении своих аспирантов, а вузы расширят участие научных сотрудников в образовательном процессе, что также является требованием Закона об образовании.

Это позволит повысить уровень подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и достичь высокой эффективности Российской селекционной науки.

Заключение.

Таким образом, учет высоких современных требований к подготовке кадров селекционеров и семеноводов в аспирантуре обязывает вузы и научные учреждения объединять свои ресурсы и усилия: внедрять сетевые образовательные программы, открывать кафедры по практической подготовке аспирантов; проводить коллективное формирование учебного плана и рабочих программ, внедрять инновационные образовательные технологии.

Обеспечение селекционных научных и образовательных учреждений современными приборами и оборудованием, позволит участвовать в серьезных российских и международных проектах, что привлечет молодые кадры и позволит победить в надвигающейся конкурентной войне.

Список литературы.

1. Думачева Е.В. Особенности подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре по программе «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» // Успехи современной науки. 2016. Т. 4. № 6. С. 119-120.

Современные основы теории селекционного процесса

2. Думачева Е.В. Применение дистанционных образовательных технологий при обучении в аспирантуре // Наука и современность. 2016. № 2 (8). С. 64-69.

3. Думачева Е.В., Чернявских В.И. Биологический потенциал бобовых трав в естественных сообществах эрозионных агроландшафтов Центрально-Черноземья // Кормопроизводство. 2014. № 4. С. 8-11.

4. Чернявских В.И. Селекция и семеноводство иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) в Центрально-Черноземном регионе. Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 3 (15). С. 137–146.

5. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Borodaeva Z.A., Elena Bepalova N., Ermakova L.R. Biological resources of the Fabaceae Family in the cretaceous south of Russia as a source of starting material for drought-resistance selection // International Journal of Green Pharmacy. 2018. V. 12. № 2. P. 354-358.

**Низкая уборочная влажность зерна кукурузы
как ценный признак при отборе родительских линий**
**Low harvesting humidity of corn grain as a valuable
feature in the selection of parent lines**

Исакова С.В., Цаценко Л.В.

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени П. Т. Трубилкина»*

АННОТАЦИЯ. Низкая уборочная влажность зерна кукурузы является ценным признаком при подборе родительских линий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кукуруза, уборочная влажность зерна, родительские линии.

ANNOTATION. Low harvesting humidity of corn grain is a valuable economic feature in the selection of parent lines.

KEYWORDS: corn, grain harvest humidity, parent lines.

Кукуруза входит в тройку самых распространенных зерновых культур в мире. Ее широкое распространение обеспечено высокой потенциальной урожайностью и экологической пластичностью. В 2019 году под кукурузой было занято 191,7 млн га мировой пашни. Эта культура является ценным пищевым и техническим растением: в различных отраслях промышленности используются почти все ее части. Это объясняет большие объемы производства растениеводческой продукции кукурузы (таблица 1). За последние годы темпы роста мировой урожайности возросли. По показателю урожайности самые высокие значения за последние пять лет были в следующих странах: Чили – 119,6 ц/га, Турция – 103,8 ц/га, Новая Зеландия – 110,7 ц/га и США – 108,5 ц/га, Уборку урожая можно проводить, когда накопление питательных веществ прекращено и влажность зерна составляет не более 35 %. Оптимальной для уборки влажность считается 18-25 %. Известно, что при влажности более 15 % зерно кукурузы в насыпи самоогревается и плесневеет, что приводит к снижению его посевных и технологических свойств. Чтобы этого избежать, зерно высушивают до влажности 13-14 %, охлаждают до температуры 5°C и закладывают его на хранение. Снизить затраты на послеуборочную сушку зерна позволяет возделывание гибридов с низкой уборочной влажностью [1,2].

Современные основы теории селекционного процесса

Таблица 1 – Объемы производства кукурузы (включая на пищевые, кормовые цели и для производства крахмала) в мире 2015 – 2019 гг.

Страна	Произведено продукции растениеводства, тыс.				
	2015	2016	2017	2018	2019
США	345,5	384,8	371,1	364,3	347,8
Китай	265,0	263,6	259,1	257,3	260,8
Бразилия	67,0	98,5	82,0	101,0	101,0
Аргентина	29,5	41,0	32,0	51,0	50,0
Украина	23,3	28,0	24,1	35,8	35,8
Индия	22,6	25,9	28,8	27,2	29,0
Мексика	26,0	27,6	27,6	27,6	25,0
Южная Африка	8,2	17,5	13,1	11,8	14,5
Российская Федерация	13,1	15,3	13,2	11,4	14,5

При возделывании кукурузы важным сельскохозяйственным показателем является уборочная влажность. Он затрагивает энергетическую и, вместе с тем, экономическую стороны возделывания кукурузы. Ежегодный рост цен на нефтепродукты делает невыгодным применение такого приёма как послеуборочная сушка зерна. В настоящее время одним из важных хозяйственно-ценных признаков, в направлении которого ведется селекционная деятельность, является низкая уборочная влажность зерна.

С целью создания новых перспективных гибридов, проводится изучение, оценка и отбор линий кукурузы, обладающих пониженной уборочной влажностью. В рамках методики проведения такого опыта початки изолируются по мере их появления в пазухе листа с помощью бумажных изоляторов. В период массового цветения метёлок изоляторы снимаются для проведения свободного опыления. Измерения влажности зерна проводятся на 40-й, 50-й и 60-й день после опыления початков по ГОСТу 13586.5-93 «Зерно. Метод определения влажности». Сущность метода: 1. обезвоживание навески измельченного зерна в воздушно-тепловом шкафу при фиксированных параметрах: температура и продолжительность сушки; 2. определении убыли массы навески. Результаты таких исследований позволяют наглядно проследить темпы влагоотдачи линий кукурузы при достижении ими физиологической зрелости [1,3]. Таким образом становится возможным выявление линий кукурузы, имеющих тенденцию к быстрой влагоотдаче в период созревания зерна.

Во многих странах мира кукуруза является востребованной сельскохозяйственной культурой. В некоторых странах эта культура является основным продуктом питания для населения. В ряде стран кукурузное зерно и силос применяется так же в качестве корма для животных и птицы. В условиях возрастающей интенсификации сельского хозяйства производству требуются урожайные гибриды, приспособленные к различным экологическим услови-

Современные основы теории селекционного процесса

ям и пригодные к разным направлениям использования, устойчивые к болезням и вредителям и приносящие экономическую выгоду.

Список литературы.

1. Оценка экологической пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы с быстрой влагоотдачей зерна при созревании / Чисьяков С. Н., Супрунов А. И., Чилашвили И. М. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета – №. 88. – 2013. – С.. 330-339.

2. Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю.А. Гужов, А. Фукс, П. Валичек// – М.: Мир, 2003. – 544 с

3. Селекция раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна при созревании / Супрунов А. И., Терещенко А. А., Слащев А. Ю., Парпуренко Н. В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, №. 123. 2016. С. 113-126.

**Использование антоциановой окраски подсолнечника
в селекции и семеноводстве**

**Utilization of sunflower anthocyanin pigmentation
in plant breeding and seed production**

Позднякова А.В., Гончаров С.В., Береговская Е.Ю.

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени П. Т. Трубилкина»*

АННОТАЦИЯ: Проанализирована возможность использования в селекции и семеноводстве подсолнечника антоциановой окраски в качестве маркерного признака, выделены линии-доноры, показана достоверность и эффективность оценки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: подсолнечник, селекция, семеноводство, маркерный признак.

ANNOTATION: Possibility to use anthocyanin pigmentation as a marker trait in sunflower breeding and seed production was analyzed; efficiency and reliability of the marker utilization was shown. Donor lines were identified.

KEYWORDS: sunflower, plant breeding, seed production, marker trait.

Подсолнечник – основная масличная культура нашей страны, занимающая свыше 7 млн. га посевных площадей. При этом до 80 % площадей в отдельных регионах России занимают гибриды подсолнечника иностранной селекции. Эффективное семеноводство отечественных гибридов подсолнечника могло бы внести существенный вклад в государственную программу импортозамещения. Большинство гибридов масличного подсолнечника как отечественной, так и зарубежной селекции довольно однообразны с точки зрения морфологических признаков, что затрудняет проведение сортопрочинок при семеноводстве и ведет к снижению качества гибридных семян.

В то же время в генетических коллекциях подсолнечника изучено и описано достаточно много морфологических признаков, которые могли бы служить маркерными признаками в процессе селекции и семеноводства [1, 3]. Один из таких признаков – антоциановая окраска растений подсолнечника, которая проявляется уже на стадии всходов, а позже может появляться на стеблях, жилках листьев и других органах растения. Антоциановая окраска гипокотыля особенно удобна при проведении сортовых прополок на стадии всходов. Подобные маркерные системы могут использоваться при селекции подсолнечника на устойчивость к болезням, ложной мучнистой росе и другим патогенам [6]. К сожалению, описанные в литературе эксперименты по использованию маркерных признаков у подсолнечника касались в основном

Современные основы теории селекционного процесса

неантоциановых типов окраски ложноязычковых цветков [3, 5, 7]. С целью изучения возможности использования антоциановой окраски подсолнечника в селекции и семеноводстве и была проведена эта работа.

Материалом для работы служили линии подсолнечника, отличающиеся по наличию и степени проявления антоциановой окраски, а также гибриды первого поколения между этими линиями. В качестве доноров признака использовали линии БК-1 и БК-2, созданные ранее на основе образцов декоративного подсолнечника. Линии на данный момент константны по проявлению всех видимых признаков, антоциановая окраска у них проявляется на всех стадиях развития, начиная от всходов (гипокотиль), включая окраску черешков и жилок листьев, стеблей, опущения всех органов растения. Линии-доноры скрещивали с линиями масличного подсолнечника селекции Кубанского аграрного университета без антоциана (Агр-05, Агр-80 и Агр-61) и популяцией F₃ от скрещивания линии сербской селекции грызового типа с масличной линией Агр-34.

Опыт был заложен на вегетационной площадке Кубанского ГАУ в лизиметрах размером 1 x 3 м. Линии с антоциановой окраской использовали в качестве опылителей для гибридизации с линиями без такой окраски. Полученные от гибридизации семена использовали для оценки надежности маркера и дальнейшей работы. В осенне-зимний период 2019-2020 гг. проводили оценку проявления антоциановой окраски у гибридов в лабораторных условиях, используя чашки Петри и рулоны фильтровальной бумаги. Отобранные по всходам растения затем пересаживали в вегетационные сосуды для культивирования в камерах искусственного климата.

Наследование антоциановой окраски всходов подсолнечника носило промежуточный характер, при этом если линия-донор обладала высокой степенью выраженности признака, как в нашем случае, то окраска гипокотилей гибридов первого поколения надежно дифференцируется от любых примесей. С появлением первых настоящих листьев гибриды легко идентифицировались по окрашенным антоцианом жилкам.

Параллельно шла проработка изучаемого селекционного материала на устойчивость к заразице и долговременной устойчивости к ложной мучнистой росе [2, 4, 6]. Наличие антоциановых маркеров существенно облегчало работу.

Показана легкость и надежность идентификации гибридов по окраске гипокотыля на стадии всходов и дальнейших стадиях развития, что делает этот признак привлекательным для использования в селекции и семеноводстве. Надежные доноры признака идентифицированы и включены в селекционную программу.

Список литературы.

1. Гаврилова В.А. Генетика культурных растений. Подсолнечник. / В.А. Гаврилова, И.Н. Анисимова // С.-Петербург. 2003. – 204 С.
2. Гончаров, С.В. Долговременная устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе / С.В. Гончаров, Н.Н. Голощапова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 80. С. 93-97.
3. Першина И.М. Генетична база селекції декоративного соняшника / И.М. Першина // Автореф.... канд. с-г. наук. – Запоріжжя, 2000. – 14 с.
4. Пирогова, Е.А. Предварительные данные по наследованию горизонтальной устойчивости линий подсолнечника к ложной мучнистой росе / Е.А. Пирогова, С.В. Гончаров, Н.Н. Голощапова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. Краснодар: КубГАУ. – 2017. – С. 77-78.
5. Константинова Е.А. Генетический контроль и селекционная ценность окраски язычковых цветков у подсолнечника / Е.А. Константинова // Автореф....канд. биол. наук. – Саратов, 2004. – 18 с.
6. Тигай К.И. Получение исходного селекционного материала подсолнечника, устойчивого к ложной мучнистой росе и заразице / К.И. Тигай, С.В. Гончаров // Аграрный научный журнал. 2018. № 8. С. 46-50.
7. Шарыпина Я.Ю. Изучение наследования морфологических признаков подсолнечника. 1. Генетический контроль окраски ложноязычковых цветков, ветвистости и восстановления фертильности пыльцы / Я.Ю. Шарыпина, В.Н. Попов, Т.А. Долгова, В.В. Кириченко // Цитология и генетика. 2008. № 5. С.

**Влияние «черной пятнистости» зерна риса
на выход и качество крупы**
**Influence of «black spot» of rice grain on the yield
and quality of cereals**

Туманьян Н.Г.

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты влияния повреждения зерна риса в виде темных пятен на качество крупы сорта Азовский. Производили моделирование образцов с различным содержанием зерен с темными пятнами. Показано достоверное снижение выхода целого ядра и муки при шифовании (соответственно на 5,2 и 3,0 %).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рис, сорт, «черная пятнистость» зерна, выход крупы.

ANNOTATION. The results of the influence of damage to rice grains in the form of dark spots on the quality of cereals of the Azov variety are presented. We modeled samples with different grain content with dark spots. A significant decrease in the yield of the whole core and flour during grinding is shown (respectively by 5,2 и 3,0 %).

KEYWORDS: rice, variety, «black spot» of rice grain, the yield of cereals.

Повреждение зерновок риса в полевых условиях, выраженное в появлении темных пятен на оболочках и эндосперме, известно рисоводам давно. В странах Южной и Юго-Восточной Азии, где рис производится в больших объемах, были проведены многочисленные исследования причин возникновения темных пятен. Повреждение зерна приводило к ухудшению качества зерна, поступающего на перерабатывающие предприятия, необходимости ужесточения условий шлифования зерновок и, как следствие, потере количества и качества крупы. В России на это явление обратили внимание около 20-ти лет назад. Однако предполагалось, что темные пятна возникают при неправильном хранении зерна при повышенной влажности. В 2011, 2012 г. после резкого увеличения содержания поврежденных зерен в партиях зерна, поступающих на хлебо-приемные пункты и имеющих нормальную влажность, причина их возникновения – высокая влажность зерна, стала рассматриваться, как одна из возможных.

За рубежом были получены данные о том, что темные пятна возникают в результате воздействия на зерновку в период вегетации клопов *Oebalus pœdus* (Бразилия). Было показано, что зерно с высоким содержанием поврежденных зерен имеет повышенную трещиноватость и пониженную

Современные основы теории селекционного процесса

крупность [5]. Был сделан вывод о том, что во многих странах зерно повреждают клопы видов *Oebalus pugnax*, *Oebalus insularis* Stål, и *Oebalus ussilingiseus*, которые одновременно являются переносчиками патогенной микрофлоры [4, 6, 7].

При шлифовании зерна с повреждениями в виде пятен для снижения негативного эффекта содержания в готовом продукте белых ядер с темными пятнами, на перерабатывающих линиях усиливают режимы шлифования, пытаясь отшлифовать темное пятно. При этом зерно в большей степени подвергается дроблению, снижается масса ядра. Ядро с пятном при прохождении этапа фотосепарирования отбраковывается. Однако при высоком уровне повреждения часть ядер попадает в готовый продукт. Российскими исследованиями было показано, что отдельные сорта в большей степени подвергаются повреждению в полевых условиях [2, 3]. В связи с этим актуальным является выявление сортовой реакции на повреждение в отношении технологических признаков качества, определяющих выход готовой продукции.

Цель исследования – изучить технологические признаки качества образцов зерна с различным содержанием поврежденных зерен сорта риса Азовский селекции ФГБНУ «ФНЦ риса».

Материалы и методы исследования. Материалом исследования служило зерно риса сорта Азовский селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» (ВНИИ риса). Готовили образцы с содержанием поврежденных зерен 0, 5, 8, 12, 15 %. Определяли общий выход шлифованного риса и содержание целого ядра в крупе на установке ЛУР1М, содержание мучки - расчетным методом с учетом пленчатости. Пленчатость определяли по ГОСТу 10843-76 [1].

Результаты исследований. В связи с необходимостью прогнозирования качества урожая, производимого в Краснодарском крае и выработанных из него рисопродуктов, актуально исследование влияния поврежденных в виде темных пятен зерен на комплекс технологических признаков качества. Изучали общий выход крупы, выход мучки и содержание целого ядра в крупе для образцов риса с различным содержанием поврежденных зерен. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Общий выход крупы при повышении содержания поврежденных зерен в образцах с 0 до 5 % снижался на 0,2 %. При повышении содержания поврежденных зерен в образцах с 0 до 8 % - на 0,4 %, с 0 до 12 % - на 0,7 % и с 0 до 15 % - на 1,4 % (с 71,3 до 69,9 %). Соответственно при этом выход мучки увеличивался на 0,3; 0,8; 1,1; и 1,4 % - с 11,6 до 3,0 %.

Современные основы теории селекционного процесса

Таблица 1 – Общий выход крупы и мучки при шлифовании зерна с различным содержанием поврежденных зерен

Вариант, содержание поврежденных зерен	Общий выход крупы, %	Выход мучки, %
0 %	71,3	11,6
5 %	71,1	11,9
8 %	70,9	12,4
12 %	70,6	12,7
15 %	69,9	13,0
НСР ₀₅	0,12	0,03

Увеличение содержания поврежденных зерен в зерне приводило к снижению содержания целого ядра в крупе. Соответственно на 0,8; 1,4; 3,1 и 5,2 %. Такая закономерность подтверждает увеличение хрупкости поврежденных ядер, возможно при этом возрастает и трещиноватость зерна.

Таблица 2 – Содержание целого ядра в крупе после шлифовании зерна с различным содержанием поврежденных зерен

Вариант, содержание поврежденных зерен	Содержание целого ядра в крупе,
0 %	92,6
5 %	91,8
8 %	91,2
12 %	89,5
15 %	87,4
НСР ₀₅	0,56

Таким образом, подтверждено негативное воздействие наличия в зерновой массе сорта Азовский поврежденных зерен на выход и качество крупы. Моделирование зерновой массы с различным содержанием поврежденных зерен и изучение их влияния на технологические признаки в селекционном процессе позволит выявить сортовую реакцию на их негативное воздействие.

Выводы. Результаты исследования влияния поврежденных зерен на количество и качество шлифованного риса подтверждают их снижение на фоне увеличения в зерне содержания поврежденных в виде темных пятен зерен. При шлифовании образцов сорта Азовский с содержанием поврежденных зерен 0, 5, 8, 12, и 15 % общий выход крупы снижался с 71,3 до 69,9 %, выход мучки увеличивался с 11,6 до 13,0 % и содержание целого ядра в крупе снижалось с 92,6 до 87,4 %. Целесообразность дальнейших исследований по выявлению влияния поврежденных зерен на выход крупы обусловлено необходимостью прогнозирования качества производимых рисопродук-

Современные основы теории селекционного процесса

тов. Рекомендуется использовать метод оценки в селекционном процессе создания новых сортов с высоким качеством зерна.

Список литературы.

1. ГОСТ 10843-76. Метод определения пленчатости; введ. 1976-07-01. – Москва: Межгос Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 11 с.
2. Кумейко Т.Б., Туманьян Н.Г. Повреждение зерна сортов риса в полевых условиях в виде темных пятен // Сборник материалов V Международной научно-методологической конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений». Москва, 15-19 апреля 2019 г., в 2 т. Москва: РУДН. – Т. 1. – 2019. – С. 225-229.
3. Туманьян, Н.Г. Проблема повреждения зерен риса в полевых условиях Краснодарского края в 2016, 2017 гг. / Н.Г. Туманьян, Т.Б. Кумейко, К.К. Ольховая / 111 Международная научно-практическая Интернет-конференция «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования – с Соленое Займище». – 2018. – С. 865-868.
4. Kennard, C.P. Effect of the paddy bug, *Oebalus poecilus*, on rice yield and quality in British Guyana / C.P. Kennard // Plant Protection Bulletin.FAO, 14(3). – P. 54-57.
5. Krinski, D. Foerster L. Quantitative and qualitative damage caused by *Oebalus poecilus* (Hemiptera, Pentatomidae) to upland rice cultivated in new agricultural frontier of the Amazon rainforest (Brazil) / D. Krinski, L. Foerster // Agricultural Sciences. 2017.- vol.41 no.3. – P. 300-311.
6. Guharay, F. Biología, daño y manejo de *Oebalus insularis*, la chinche de la espiga del arroz. F. Guharay / Manejo Integrado de Plagas, -- V. Revista.
7. Cherry, R.; Nuesly, G. Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), in Florida rice / R. Cherry, Nuesly// Florida Entomologist. 2010. – V. 93(2):291–293.

**Кормовая база пчеловодства и диких опылителей
в агроландшафтах Юга среднерусской возвышенности
Fodder base of beekeeping and wild pollinators in
agrolandscapes on the south of the middle Russian highland**

Чернявских В.И.¹, Думачева Е.В.²

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства
и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»;

² ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии»

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены ключевые аспекты формирования кормовой базы опылителей. Показано, что за счет оптимизации управления деятельностью опылителей можно повысить продуктивность энтомофильных растений, а также увеличить биоразнообразие агроландшафтов. Кормовая база диких опылителей в условиях агроландшафтов юга Среднерусской возвышенности формируется из трех основных источников: естественные растительные сообщества региона, энтомофильные дикорастущие виды растений, энтомофильные сельскохозяйственные культуры. Приведены примеры создания специализированных травосмесей на основе широкого набора культур и диких видов, с возделыванием их как на пашне, так и на других элементах агроландшафтов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энтомофильные культуры, биоразнообразие агроландшафтов, специализированные травосмеси.

ANNOTATION. The key aspects of the formation of the food supply for pollinators are considered. It is shown that by optimizing the management of pollinators' activities, it is possible to increase the productivity of entomophilous plants, as well as to increase the biodiversity of agricultural landscapes. The food supply for wild pollinators in the agricultural landscapes of the south of the Central Russian Upland is formed from three main sources: natural plant communities of the region, entomophilous wild plant species, and entomophilous agricultural crops. Examples of the creation of specialized grass mixtures based on a wide range of crops and wild species, with their cultivation both on arable land and on other elements of agricultural landscapes are given.

KEYWORDS: entomophilous crops, biodiversity of agricultural landscapes, specialized grass mixtures.

Деятельность опылителей является важнейшим фактором устойчивого урожая не только энтомофильных культур, но и в целом развития сельского хозяйства на значительных территориях. По данным ФАО, от работы диких и культурных опылителей, зависит деятельность около 2 млрд. фермеров

Современные основы теории селекционного процесса

во всем мире. Для стабильного роста продуктивности значительной доли сельскохозяйственных культур необходимо увеличение численности и видового состава опылителей. Только за счет улучшения опыления энтомофильных культур, можно повысить их продуктивность на 24 %.

Особенностью современного состояния агроландшафтов многих стран мира, вызывающей озабоченность ряда исследователей и высказанной на ряде международных конгрессов и конференций, является сокращение численности и биологического разнообразия диких опылителей [2,4].

Основной тенденцией современного сельскохозяйственного производства является упрощение экосистем. Аграрный сектор экономики развивается на основе распашки земель, выращивания небольшого количества сельскохозяйственных культур, имеющих наибольшее экономическое значение в мире.

Наличие опылителей, в свою очередь, находится в прямой зависимости от наличия мест для обитания и кормовой базы. Наличие же кормовой базы зависит от естественных кормовых угодий на границах агроландшафтов и количества возделываемых энтомофильных культур.

Процесс современного сельхозпроизводства способствует как сокращению мест обитания, так и кормовой базы видов-опылителей за счет уничтожения сорняков на полях и смежных землях, распашки площадей, занятых дикими медоносными растениями, и снижения биоразнообразия зональной растительности [3].

Кормовая база диких опылителей в условиях агроландшафтов юга Среднерусской возвышенности формируется из трех основных источников:

1. Естественные растительные сообщества региона. Кормовая база формируется за счет естественных, биомов с сохранившимся биоразнообразием, характерным для региона. Это фактически исторически сложившийся базис, на который наложены агроэкосистемы.

2. Энтомофильные дикорастущие виды растений. Они – основа кормовой базы естественных опылителей и медоносных пчел в различных элементах агроландшафта, та часть общего биоразнообразия конкретных видов растений, которая является основой питания диких опылителей, имеющих различную кормовую специализацию. Эта часть кормовой базы наиболее сложно подвергается управлению.

3. Энтомофильные сельскохозяйственные культуры. Это часть кормовой базы, являющейся наиболее легко, с технологической точки зрения, поддающаяся управлению. Энтомофильные сельскохозяйственные культуры служат одновременно источником питания для насекомых, и является целью производственного процесса, обеспечивая экономическую составляющую агроэкосистем.

Биоразнообразие как флоры, так и фауны, определяется мозаичностью среды. Чем выше мозаичность – тем больше вероятность увеличения количества местообитаний, разнообразия кормовых растений и, соответственно, количества опылителей. В связи с чем, увеличение устойчивой кормовой

Современные основы теории селекционного процесса

базы опылителей для повышения их численности требует комплексного подхода. Основных приемов несколько:

- дифференцированная система севооборотов с включением многолетних трав, для формирования устойчивых мест обитания, особенно почвенных перепончатокрылых, непосредственно на пашне;
- конструирование агроэкосистем на основе научно-обоснованных приемов направленных на восстановление природных каркасов с сохранением местообитаний, как природной флоры, так и фауны опылителей;
- формирование высокого флористического разнообразия агроландшафтов за счет увеличения в посевах доли нектароносных и энтомофильных культур.

Основной особенностью агроландшафтов ЦЧР является расположение полей в урочищах с распространением байрачных лесов, степных участков, меловых обнажений в системе созданных полевых защитных противоэрозионных и прибалочных лесополос. Небольшие участки расположены в луговых экотопах. Регион имеет высокую изрезанность с широким распространением овражно-балочных комплексов. Основным типам растительности, распространенным в агроландшафтах региона являются: степи (луговые, настоящие и кальцефильные), луга, леса (том числе байрачные), рудеральные сообщества.

Дикорастущие энтомофильные виды растений широко распространены в агрофитоценозах и являются важным источником питания в течение всего сезона. Это фактически основа существования популяций диких опылителей. Ниже приводятся виды, распространенные на юге Среднерусской возвышенности в различных биотомах, важные как кормовые виды, как для диких опылителей, так и для медоносных пчел. Они приведены в последовательности согласно срокам их цветения – от ранней весны до осени: крокус сетчатый (шафран сетчатый) (*Crocus reticulatus* Stev. ex Adam), брандушка разноцветная (*Bulbocodium versicolor* (Ker-Gawl.) Spreng.), пролеска сибирская (*Scilla siberica* Haw.), адонисвесенний (*горюцвет весенний*) (*Adonis vernalis* (L.) Holub.), хохлатка полая (*Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Koerte), хохлатка Маршалла (*Corydalis marschalliana* (Pall. ex Willd.) Pers.), проломник Козо-Полянского (*Androsace kosopoljanskii* Ovcz.), ветреница лютиковая (*Anemone ranunculoides* L.), пион тонколистный (воронец) (*Paeonia tenuifolia* L.), ирис безлистный (касатик) (*Iris aphylla* L.), виды фиалок (*Viola*), копеечник крупноцветковый (*Hedysarum grandiflorum* Pall.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), живучка женева (мохнатая) (*Ajuga genevensis* L.), астрагал белостебельный (*Astragalus albicaulis* DC.), астрагал эспарцетный (*Astragalus onobrychis* L.), синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), будра палашевидная (*Glechoma hederacea* L.), онома простейшая (*Onosma simplicissima* L.), исгод меловой (*Polygala cretacea* Kotov), шалфей поникающий (*Salvia nutans* L.), шалфей луговой (*Salvia pratensis* L.), виды горошков (*Vicia*): горошек заборный (*V. sepium* L.), вика кашубская (горошек кашубский) (*V. cassubica* L.), головчатка уральская (*Cephalaria uralensis* (Murr.)

Современные основы теории селекционного процесса

Schrad. Ex Roem.), виды девясила (*Inula*): девясил шершавый (*I. hirta* L.), девясил иволгистый (*I. salicina* L.), котовник венгерский (*Nepeta pannonica* L.), виды тимьяна (*Thymus*): тимьян известняковый (*Th. calcareus* Klok. et Schost.), Маршалла (*Th. marschallianus* Willd.), Палласа (*Th. pallasianus* H. Br.), клевер альпийский (*Trifolium alpestre* L.). Асрагалдатский (*Astragalus danicus* Retz.), виды льна (*Linum*): лен жестковолосистый (*L. hirsutum* L.), лен многолетний (*L. perenne* L.), лен желтый (*L. flavum* L.), язвенник многолистный (*Anthyllis polyphylla* L.), шалфей сухостепной (*Salvia tesquicola* Klok. et Pobed.), шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata* L.), виды вероник (*Veronica*), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), люцерна желтая (*Medicago falcata* L.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), подмаренник настоящий (подмаренник желтый) (*Galium verum* L.), пусгырник пятилопастный (пусгырник волосистый) (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), синеголовник плоскостный (*Eryngium planum* L.), синеголовник равнинный (*Eryngium campestre* L.), мордовник обыкновенный (*Echinops ritro* L.), мордовник шароголовый (*Echinops sphaerocephalus* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), тысячелистник благородный (*Achillea nobilis* L.), иссоп меловой (*Hyssopus cretaeus* Dubjan.), иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.) и др. Многие из них могут быть относительно быстро и недорого введены в культуру с организацией экономически выгодная система их семеноводства [3-5].

Экономически важные энтомофильные сельскохозяйственные культуры можно, в свою очередь, условно разделить на две группы: культуры, опыляемые широким спектром опылителей и культуры, опыляемые узкоспециализированными видами энтомофауны. Планирование их кормовой базы и приемы ее формирования требуют учитывать этот фактор.

К сельскохозяйственным культурам, на которых фуражируется широкий спектр видов опылителей, необходимо отнести: подсолнечник культурный (*Helianthus annuus* L.), рапс (*Brassica napus* L.), гречиху посевную (*Fagopyrum esculentum* Moench), фацелию пшчмолистную (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), горчицу белую (*Sinapis alba* L.), кориандр (*Coriandrum sativum* L.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), виды донника (*Melilotus*), виды эспарцета (*Onobrychis*), люцерна рогатый (*Lotus corniculatus* L.). Здесь встречаются представители отряда перепончатокрылые, в том числе медоносная пчела, и дикие пчелиные, божьи коровки, мухи-журчалки, львинки, мухи-цветочницы, минирующие мухи, в целом более 90 видов насекомых-опылителей из более, чем десяти систематических групп [1].

Сельскохозяйственные культуры, которые требуют специфических видов опылителей, менее многочисленны: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), виды люцерны (*Medicago* L.).

Строение цветка клевера лугового позволяет его опылять небольшому числу видов – максимум 25. Супердоминантными видами являются различные виды шмелей.

Современные основы теории селекционного процесса

Одной из наиболее важных сельскохозяйственных культур, имеющей одну из труднейшей системы семеноводства, является люцерна (*Medicago*). Особенности строения цветка таковы, что в процессе эволюции опылять люцерну приспособились отдельные виды пчелиных – высокоспециализированные опылители. Наиболее известный среди них – пчела-листорез (*Megachile rotundata* Latreille). Этот вид для сбора пыльцы и нектара может посещать различные культуры, однако при наличии вблизи гнездовой цветущей люцерны собирает пыльцу почти исключительно с нее. Способен хорошо опылять люцерну в Средней России рофитес серый (*Rophites canus*) [6].

Важнейшим приемом, формирования устойчивой кормовой базы и поддержания биологического разнообразия наиболее ценных опылителей различных сельскохозяйственных культур является создание специализированных травосмесей на основе широкого набора культур и диких видов, с возделыванием их как на пашне, так и на других элементах агроландшафтов [3-5].

Таким образом, формирование высокого разнообразия и непрерывности цветочного конвейера является тем двигателем, который позволяет формировать высокую устойчивость кормовой базы диких и культурных опылителей. В свою очередь, использование диких опылителей, является наиболее экономически малозатратным и экологически эффективным приемом повышения продуктивности агроландшафтов

Список литературы.

1. Наумкин В.П. Насекомые-опылители на посевах медоносных культур // Пчеловодство. 2014. № 2. С. 6–8.
2. Ченикалова Е.В. Полезная энтомофауна в посевах культур. Защита и карантин растений. 2019. № 6. С. 46–47.
3. Чернявских В.И. Селекция и семеноводство иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) в Центрально-Черноземном регионе. Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 3 (15). С. 137–146.
4. Чернявских В.И., Думачева Е.В., Коноплев В.В. Обеспечение пчеловодства региона устойчивой кормовой базой на основе создания новых высокопродуктивных сортов медоносных культур. Белгородский агромир. 2018. № 12. С. 12–19.
5. Чернявских В.И., Тохтарь В.К., Думачева Е.В. Дегтярь О.В. Видовое разнообразие естественной распыленности на склонах юга Среднерусской возвышенности и его влияние на продуктивность сообществ // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. www.science-education.ru/109-9446.
6. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Borodaeva Z.A., Elena Beshalova N., Ermakova L.R. Biological resources of the Fabaceae Family in the cretaceous south of Russia as a source of starting material for drought-resistance selection // International Journal of Green Pharmacy. 2018. T. 12. № 2. С. S354-S358.
7. <http://www.fao.org/news/story/fr/item/1333687/icode/>.

**Изменчивость сортов риса по содержанию белка
в шелушенном и шлифованном зерне риса
Variability of rice varieties by protein content in husked and
polished rice grain**

Чижилова С.С., Ольховая К.К.

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

АННОТАЦИЯ. В статье показаны результаты оценки сортов риса по содержанию белка в шелушенном и шлифованном рисе и глубине его залегания. Максимальными потерями белка при шлифовании отличался сорт Хазар, минимальными – сорт Янтарь.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: белок, шелушенный и шлифованный рис, глубина залегания белка

ANNOTATION. The article shows the results of evaluation of rice varieties by protein content in husked and polished rice and the depth of its occurrence. The maximum loss of protein during polishing was distinguished in the variety Khazar, the minimum - in the variety Yantar.

KEYWORDS: protein, husked and polished rice, depth of protein occurrence.

Рис – один из основных продуктов питания более половины населения земного шара. Основные рисопроизводящие регионы России – Краснодарский и Ставропольский края. В России рис не является основным пищевым продуктом, однако он широко используется наряду с другими крупами, занимая особое место в детском и диетическом питании. Основное направление использования зерна риса – производство из него крупы. Пищевую ценность рисовой крупы, как и любого другого пищевого продукта, необходимо знать с точки зрения удовлетворения организма человека в основных пищевых веществах: белках, углеводах, жирах, витаминах, макро- и микроэлементах. Шлифованный рис может содержать от 5 до 10 % белка. Полноценность белка любого продукта зависит от фракционного и аминокислотного состава белка. В рисовой крупе наиболее ценные фракции белка – альбумины и глобулины – составляют 19-19,3 %. Аминокислотный состав белка рисовой крупы свидетельствует о его высокой биологической ценности. В 100 г крупы содержится всего 8,75 % аминокислот (99 % от общего количества белка), из которых 36,8% – незаменимые [1, 2]. Большое значение имеет и глубина залегания белка. В эндосперме рисовой зерновки белок содержится не только в алейроновом слое, но и в субалей-

Современные основы теории селекционного процесса

роновом. Сорты риса различаются по распределению белковых тел. Так, эндосперм зерновок одних сортов имеет более равномерное распределение белковых тел и проникают они на большую глубину в крахмалистый эндосперм, нежели у других [3].

Цель исследования – изучить содержание белка и глубину его залегания в шелушенном и шлифованном зерне сортов риса, выращенных в условиях Краснодарского края в 2018, 2019 гг.

Материалы и методы исследований. Материалом исследований служили сорта риса Лидер, Хазар, Янтарь, Крепыш, Титан, выращенные на опытно-производственном участке (ОПУ) ФНЦ риса в 2018, 2019 гг. В качестве стандарта использовали сорт Рапан. Изучаемые сорта риса внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северо-Кавказскому региону: Лидер и Хазар в 2000 г., Янтарь в 2004 г., Крепыш в 2015 г., Титан в 2016 г. Отбор образцов зерна риса проводили в фазу полной спелости. Содержание белка определяли в шелушенном и шлифованном рисе на приборе «Инфратек». Шелушенный рис получали на шелушильной установке «Сатаке» (Япония), шлифованный – на установке ЛУР 1М. Статистическую обработку данных проводили по методу Достехова Б.А.

Результаты и обсуждения. Изучение содержания белка в зерне сортов риса проводили в связи пищевой ценностью рисопродуктов и изменчивостью сортов по изучаемому признаку в условиях выращивания риса в Краснодарском крае. В результате исследований выявили, что наибольшее содержание белка в шелушенном рисе отмечено у сорта Янтарь в 2018 году (8,9%), наименьшее – у сорта Крепыш в 2019 году (7,5%) (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание белка в зерне сортов риса

Сорт	Год	Содержание белка, %	
		в шелушенном рисе	в шлифованном рисе
Рапан	2018	8,7	7,9
	2019	8,6	7,8
Лидер	2018	8,8	8,2
	2019	8,6	8,0
Хазар	2018	8,7	7,8
	2019	8,4	7,4
Янтарь	2018	8,9	8,5
	2019	8,7	8,3
Крепыш	2018	7,8	7,1
	2019	7,5	6,8
Титан	2018	7,9	7,4
	2019	7,7	7,2
НСР ₀₅		0,08	0,09

Современные основы теории селекционного процесса

Значения признака у всех изучаемых сортов были достоверно выше в 2018 году, чем в 2019 у сортов Лидер, Янтарь и Титан на 0,2 %, у сортов Хазар и Крепыш на 0,3 %.

Содержание белка в шлифованном рисе было максимальным в опыте у сорта Янтарь в 2018 году (8,5 %), минимальным – у сорта Крепыш в 2019 году (6,8 %). Значения признака в 2018 году были выше, чем в 2019 году на 0,2 % у сортов Лидер, Янтарь и Титан, на 0,4 % у сорта Хазар, на 0,3 % у сорта Крепыш.

Проведена оценка снижения содержания белка в рисе шлифованном, что косвенно позволяет оценить глубину залегания белка в зерновке. Результаты представлены в таблице 2. Наименьшее снижение содержания белка в шлифованном зерне отмечено у сорта Янтарь (95,4 %), наибольшее – у сорта Хазар (88,4 %).

Таблица 2 – Снижение содержания белка в шлифованном зерне риса, %

Сорт	Снижение содержания белка в шлифованном зерне риса, %
Рапан	91,3
Лидер	93,1
Хазар	88,4
Янтарь	95,4
Крепыш	92,1
Титан	93,6
НСР ₀₅	0,4

По глубине залегания белка в зерновке риса сорта распределены следующим образом (от наиболее глубокого до поверхностного): Янтарь, Титан, Лидер, Крепыш, Хазар.

По результатам исследования сортов риса, выращенных в условиях Краснодарского края по содержанию белка в шелушенном и шлифованном зерне можно сделать вывод, что изучаемые сорта являются среднебелковыми. Более равномерное распределение белковых тел в эндосперме зерновки отмечено у сортов Янтарь, Лидер и Титан. Зерновки сортов Хазар и Крепыш различаются по распределению белковых тел в зерне. Максимальными потерями белка при шлифовании отличался сорт Хазар, минимальными – сорта Янтарь, Лидер и Титан. Изучение изменчивости содержания белка в зерне риса в зависимости от агроклиматических условий выращивания актуально.

Список литературы

1. Алейроновый слой, алейроновые зерна и белковые тела зерновых злаковых культур / А.К. Павлов // Физиол. и биохим. культ. раст. - 1972. – Т. 4. – Вып. 5. – С. 62–65.

Современные основы теории селекционного процесса

2. Биологическая ценность белков риса / А.Ф. Шухнов // Вопросы питания. - 1965. - № 2. - С. 19 – 21.

3. Характеристика сортов риса российской селекции по содержанию белка в зерне и крупе / Н.Г. Туманьян, Т.Б. Кумейко // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). - 2018. - С. 300-302.

4. Направление «Глобальные и локальные изменения погодно-климатических условий»

УДК 595.762.12:591.5(234.9)

Многолетние изменения структурных характеристик карабидокомплекса (Coleoptera, Carabidae) Краснодарского края как реакция на глобальные изменения климата Long-term changes in the structural characteristics of the carabid complex (Coleoptera, Carabidae) of Krasnodar Territory as a response to global climate changes

Замотайлов А.С.¹, Хомицкий Е.Е.¹,
Бондаренко А.С.², Белый А.И.¹

¹ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени П. Т. Трубилкина»;
² ФБУ «Российский центр защиты лес»

АННОТАЦИЯ. Приведены итоговые результаты исследования трансформационных процессов в структуре фауны жуков и их жизненных циклов за 35-летний период для Северо-Западного Кавказа на фоне многолетних погодно-климатических изменений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фауна жуков, погодно-климатические условия, жизненные циклы, агроландшафты, экологические группы, жизненные формы, многолетняя трансформация.

ANNOTATION. The final results of the study of transformation processes in the structure of ground beetle fauna and their life cycles over a 35-year period for the North-West Caucasus against the background of long-term weather and climatic changes are presented.

KEYWORDS: ground beetles fauna, weather and climatic conditions, life cycles, agrolandscapes, ecological groups, life forms, longstanding transformation.

Локальные изменения климатических условий в Краснодарском крае подтверждаются результатами анализа, проведенного по гидрометеорологическим данным на метеостанции «Круглик» за 90-летний период наблюдений. Установлено, что климат в крае стал заметно теплым и влажным [2]. Эти изменения, не могли не повлиять на экосистему в целом. Так на Северо-Западном Кавказе за последние 35 лет исследований наблюдались очевидные трансформации биоэкологических параметров ряда животных [1, 5, 6]. От-

четливо заметны изменения на примере более чувствительной к климату группе насекомых семейства жужелицы, она часто используется для мониторинга состояния окружающей среды. К примеру в нагорной части региона отмечены изменения в таксономических пропорциях карабидокомплекса, так же зафиксированы смещения сезонной динамики у отдельных видов рода *Carabus* [3, 4].

У некоторых видов рода отмечается более позднее начало активности. Активный осенний период жизни для многих видов жужелиц ранее не фиксировался, теперь же продолжается до глубокой осени и даже в зимний. Примером зимней активности служит вид *Nebria brevicollis*, который не уходит на зимовку в течение всей зимы и встречается в стадии личинки и постгенеративного имаго [3, 5, 8].

У вида *Pterostichus caucasicus* в последние годы отмечается ранее начало активности и более высокое количество молодых имаго в осенний период, этот факт подтверждает трансформацию жизненного цикла *P. caucasicus* на фоне погодно-климатических изменений. В период 1985-1987 гг. в смешанном пихтово-буковом лесу за лето в пределах одного местообитания динамическая плотность жуков колебалась незначительно. Максимальная численность приходилась на конца июня – начало июля, кладка яиц отмечалась в течение июля. Эсивация, как причина значительного снижения численности жуков или их полного отсутствия, нами не отмечалась, а молодые жуки наблюдались в конце августа-начале сентября. Результаты исследований 2009-2011 и 2016-2017 гг. показали, что у вида теперь наблюдается ярко выраженный пик активности половозрелых имаго ориентировочно с середины мая до конца июня и сначала мая до середины июня. В последнем случае первые перезимовавшие особи появлялись раньше. Эсивация в 2009-2011 гг. отмечалась с конца июля до конца августа, а в 2016-2017 гг. – с середины июля до середины сентября. Жизненный цикл *P. caucasicus* в последние годы наблюдений можно охарактеризовать как одногодичный свесенне-летним периодом размножения. Изменения жизненного цикла обусловлено появлением стадии эсивации, а также изменением фаз активности различных возрастных групп и продолжительности стадии размножения. Также в условиях агроценозов усановлены трансформационные процессы изменения в структуре комплекса жужелиц в равнинной части региона [7]. Наблюдается появление новых экологических групп и снижение доли ранее характерных для данных биотопов экологических групп. К примеру, таких как степных мезофилов, напротив, происходит увеличение доли политоппных видов. В изученных агроценозах спектры жизненных форм жужелиц изменились незначительно, однако в последние годы снижается число видов доминирующих ранее жизненных форм и отмечается появление новых, ранее не встречавшихся в данных условиях. Эти трансформации вероятно, связаны с тем, что жизненные циклы ранее обитавших видов жужелиц успешно реализовывались в летний период, но в связи с изменениями климата их доля

упала или они вовсе исчезли, а на замену им пришли виды с весенней активностью.

Исследования выполнены отчасти при поддержке РФФИ (проекты 19-44-230004 р_а и 19-44-233007 р_мол_а).

Список литературы.

1. Акатов, В.В. Проблемы сохранения редких видов в Кавказском заповеднике. Изменение климата / В.В. Акатов, Ю.Н. Спасовский, Б.С. Туниев, А.С. Замотайлов // Особо охраняемые виды животных, растений и грибов в Кавказском заповеднике. – Майкоп: Качество, 2009. – С. 203-205 [Тр. КГПБЗ им. Х.Г. Шапошникова. – Вып. 19].

2. Ачканов, А.Я. Влияние природных и антропогенных факторов на состояние почвенного покрова Западного Предкавказья / А.Я. Ачканов, В.П. Власенко // Тр. КубГАУ. – 2014. – Вып. 5 (50). – С. 49-54.

3. Бондаренко, А.С. Аутэкология и миграционная активность массовых видов жукелиц (Coleoptera, Carabidae) нагорной части Северо-Западного Кавказа: дис. ... канд. биол. наук / А.С. Бондаренко. – Краснодар: КГУ, 2013. – 292 с.

4. Бондаренко, А.С. Многолетние изменения в сезонной динамике активности некоторых видов жукелиц (Coleoptera, Carabidae) нагорной части Северо-Западного Кавказа / А.С. Бондаренко, А.С. Замотайлов // Энтомологические исследования на Кубани. – СПб.: Зоологический ин-т РАН, 2013. – С. 110-115. [Тр. РЭО. – Т. 84 (1)].

5. Замотайлов, А.С. Энтомофауна Краснодарского края в условиях деградации горных биоценозов и глобального изменения климата: перспективы исследований / А.С. Замотайлов // Успехи современного естествознания. – 2003. – Вып. 3. – С. 85-86.

6. Замотайлов, А.С. Энтомофауна Северо-Западного Кавказа на современном этапе планетарного развития климата: угрозы и перспективы / А.С. Замотайлов, В.И. Щуров // Тр. КубГАУ. – 2010. – Вып. 1 (22). – С. 32-39.

7. Замотайлов, А.С. Характеристика комплекса жукелиц (Coleoptera, carabidae) агроландшафта центральной зоны Краснодарского края в начале XXI века. 2. Многолетняя трансформация структуры и биоэкологических параметров / А.С. Замотайлов, Е.Е. Хомицкий, А.И. Белый // Тр. КубГАУ. – 2015. Вып. 1 (52). – С. 103-113.

8. Хомицкий, Е.Е. К изучению жукелиц (Coleoptera, Carabidae) агроландшафта предгорной зоны Краснодарского края в зимний период / Е.Е. Хомицкий, А.С. Замотайлов, А.И. Белый // Тр. КубГАУ. – 2017. – Вып. 69. – С. 192-198.

5. Направление: «Адаптивное размещение семеноводческих посевов»

УДК 633.854.78:631.527

Действие PGR на урожайность семеноводческих линий подсолнечника и экспериментальных гибридов F₁ на их основе The effect of PGRs on the yield of sunflower seed lines and experimental F₁ hybrids based on them

Чуйко Д. В.

Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева

АННОТАЦИЯ. Низкие показатели урожайности линий подсолнечника, основная проблема семеноводства. При этом изменчивость климата усиливает этот показатель. Использование регуляторов роста растений позволяет уменьшить негативное влияние окружающей среды на растения. Использование в эксперименте гибридов F₁ созданных на основе изучаемых линий, позволяет более детально изучить реакцию каждого генотипа линии на эффективность применения регуляторов роста растений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: семеноводство, подсолнечник, регуляторы роста растений, линии, гибриды, селекция.

ANNOTATION. Low yields of sunflower lines, the main problem of seed production. At the same time, climate variability enhances this indicator. The use of plant growth regulators reduces the negative impact of the environment on plants. The use of F₁ hybrids created based on the studied lines in the experiment allows a more detailed study of the response of each genotype of the line to the effectiveness of the use of plant growth regulators.

KEYWORDS: seed growing, sunflower, plant growth regulators, lines, hybrids, breeding.

Главной хозяйственной характеристикой любой сельскохозяйственной культуры, выращиваемой, является ее урожайность. На нее влияют ряд биотических и абиотических факторов, формирующих показатели производственного потенциала растения. Правильно подобранные регуляторы роста могут позволить уменьшить использование пестицидов, в свою очередь улучшить экологическое состояние окружающей среды [1].

Исследования проводились на кафедре генетики, селекции и семеноводства ХНАУ им. В. В. Докучаева в период 2018–2019 гг. В качестве исследу-

емых образцов были взяты линии селекции Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины и ХНАУ им. В. В. Докучаева. Исследования проводили с использованием регуляторов роста растений Экостим, Квадростим и Фульвیتال Плюс на линиях подсолнечника опрыскиванием в период вегетации в фазу 2–5 настоящей пары листьев и в фазу звездочки.

Наиболее положительно при применении регуляторов роста (далее – РРР) Фульвیتال Плюс, Экостим и Квадростим отреагировала гибридная комбинация трехлинейного гибрида Сх808А/Х1002Б × Х785В, прибавка урожайности варьировала в пределах 0,3–0,7 т/га (11,1–22,6 %) в зависимости от РРР, который применялся. Родительские компоненты гибрида имели специфическую реакцию по показателю урожайности при применении РРР. Так материнский компонент Сх808А/Х1002Б положительно отреагировал только на применение Фульвیتال Плюс (2,9 т/га), прибавка составляла 0,3 т/га (10,3 %) по сравнению с контролем (2,6 т/га). Родительский компонент гибрида линия Х785В имела среднюю прибавку за годы исследования при применении Фульвیتال Плюс и Экостим 0,3 т/га (17,7 %).

Обработка Квадростимом не имела положительного влияния на показатель урожайности в четырех из пяти исследуемых гибридных комбинаций Сх808А/Х1002Б × Х06135В, Сх1002А × Х1012Б, Сх1012А × Х06135В, Сх808А × Щелкунчик, урожайность была на уровне или ниже контрольного варианта. Среди родительских компонентов уменьшение урожайности отмечено в линиях: Сх808А/Х1002Б (-0,2 т/га), Х785В (-0,2 т/га) и сорта Щелкунчик (-1,1 т/га). Увеличение урожайности при обработке Квадростимом родительских компонентов составляло в пределах 7,7–16,2 % в зависимости от линии.

Наиболее эффективно было действие РРР Фульвیتال Плюс. При его обработке наблюдали прибавку урожайности на всех гибридных комбинациях и их родительских компонентах, кроме сорта Щелкунчик урожайность которого была в пределах контроля 5,8 т/га. У сорта Щелкунчик отмечено уменьшение урожайности при применении всех исследуемых РРР, что может быть обусловлено его генетическими особенностями.

Наиболее эффективным по показателю увеличения массы 1000 семян оказалось применение РРР Квадростим. Так, при его применении масса 1000 семян в среднем за 2018–2019 гг. в трехлинейного гибрида Сх808А/Х1002Б × Х785В, где за материнскую форму был простой гибрид (Сх808А / Х1002Б) увеличилась на 12,6 г и составила 68 г (контроль 55,4 г), в материнской формы на 7,1 г, а у родительского компонента на 3,5 г. Применение Квадростиму повысило массу 1000 семян в материнской линии Сх808А/Х1002Б и составила 56,9 г, по сравнению с контролем 49,8 г, влияние РРР Фульвیتال Плюс и Экостим на данный генотип было меньше или показатель сохранялся на уровне контроля. Действие РРР Фульвیتال Плюс и Экостим способствовало значительному увеличению массы 1000 семян в экспериментального гибрида Сх1002А × Х1012Б в пределах 51,8–51,9 г (контроль 40,2 г) и его родитель-

ских компонентов Сх1002А в пределах 42,4–44,5 г (контроль 37,2 г) и Х1012Б в пределах 37,8–40,2 г, контроль 30 г [2].

Среди регуляторов роста наиболее эффективным были ФульвитаЛ Плюс и Квадростим. Влияние регулятора роста Экостим сильно варьировало от погодных условий и генотипа линии. Наиболее действенными они отмечены на стерильных аналогах самоопыляющихся линий подсолнечника, может быть следствием ЦМС и степефических физиологических особенностей данных линий. Наблюдается зависимость реакции экспериментальных гибридов к действию регуляторов роста растений в зависимости от их родительских компонентов. При увеличении урожайности или массы 1000 семян у линий родительских компонентов можно прогнозировать их увеличение у гибридов. Влияние регуляторов роста имеет исключительно индивидуальный характер действия. На это влияет генотип линии, действующие вещества препарата, климатические условия произрастания растений, время и фаза применения регуляторов роста растений.

Список литературы.

1. Брагін О. М., Чуйко Д. В. Способи підвищення продуктивності ліній соянишки та інших сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту // Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво. – 2019. – №. 1. – С. 107–117.
2. Вплив регуляторів росурослин на продуктивність ліній соянишки / Д. В. Чуйко, О. М. Брагін, В. О. Михайленко [и др.] // Селекція і насінництво. – 2020. – № 117. – С. 215–226.

6. Направление: «Стратегия и принципы конструирования адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов»

УДК 631.9 + УДК 51-76

Применение программ статистической обработки данных при конструировании адаптивных агроландшафтов

Application of statistical data processing programs in the design of adaptive agricultural landscapes

Гриц Н.В.¹, Диченский А.В.², Харитонов С.С.³

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»;

² ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»;

³ АО «Научно-исследовательский институт информационных технологий»

АННОТАЦИЯ. Анализ полученных данных позволит использовать выявленные закономерности при разработке цифровых моделей технологий интенсивного производства продукции растениеводства в различных почвенно-климатических зональностях и их научного обоснования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: статистическая обработка, регрессионный анализ, цифровая модель.

ANNOTATION. The analysis of the obtained data will allow us to use the revealed regularities in the development of digital models of technologies for intensive crop production in various soil and climatic zones and their scientific justification.

KEYWORDS: statistical processing, regression analysis, digital model.

Важнейшим критерием рационального размещения возделываемых сельскохозяйственных культур на территории землепользования является соответствие их биологических требований почвенно-экологическим условиям местообитаний [3, 4]. В настоящее время в процессе научно-исследовательской работы выполняются научные исследования, результатом которых, как правило, является получение ряда математически выраженных показателей. Учитывая то, что все исследования заканчиваются статистической обработкой данных разной сложности, важным является владение программами статистического анализа.

Наряду с узкоспециальными программами обработки данных, такими как Ландшафт, Страз, Statistica существуют универсальные и более сложные

для восприятия пакеты статистического анализа, включающие в себя все необходимое для изучения практического применения ПК в целях математической и статистической обработки полученных опытных данных.

При обработке больших объемов статистического материала нами использовался англоязычный пакет программ STATGRAFICS Plus. Специальные программы до сих пор не получили широкого распространения, трудно доступны для использования при обработке полученных данных в агрономической практике. Но существует ряд программных продуктов, общепринятых в пользовании ПК. Главное преимущество программы STATGRAFICS Plus – совмещение визуальной системы программирования с интерфейсом прикладной программы Excel, входящей в стандартный пакет MS Office, что дает возможность программирования непосредственно в среде того приложения, которое наиболее удобно для представления данных.

Она очень удобна в получении навыка выполнения относительно несложных, но трудоемких и повторяющихся вычислений. В процессе выполнения расчетов используются стандартные функции, не требующие глубоких знаний статистики и высшей математики, при этом программа сохраняет структуру расчета, в соответствии с выбранной методикой проведения вычислений.

В агрономических исследованиях редко приходится иметь дело с точными и определенными функциональными связями, когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой величины.

На практике при обработке полученных опытных данных мы использовали следующие вычислительные процедуры в пакете STATGRAFICS Plus:

- подсчет матрицы коэффициента корреляции;
- полный корреляционный анализ (вычисление коэффициента корреляции, корреляционное отношение и оценка криволинейности связи);
- вычисление уравнений множественной линейной регрессии.

Значительное количество работ посвящено вопросам теоретического описания и математического моделирования процесса накопления биомассы посевами зерновых колосовых культур в весенне-летний период вегетации [1, 2].

В результате изучения возможно установить форму, в которой необходимо представить основные закономерности, позволяющие не только прогнозировать конечную величину урожайности по осредненным для больших территорий и временных интервалов условиям, но и сам процесс формирования урожая для целей имитации и принятия решений в системе планирования и оперативного управления.

В нашем случае модель состоит из основных блоков, описывающих соответственно агрофизические (X_1 - X_6) и агрохимические (X_7 - X_{14}) пара-

метры ландшафтных условий; основные метеорологические показатели (X_{15} - X_{18}) и элементы структуры урожая (X_{19} - X_{28}).

Экологические функции модели описываются произведением одномерных функций отдельных факторов внешней среды растений. Коэффициенты функций отображают особенности чувствительности растений к отклонению факторов от оптимальных значений. Перечисляются функциональные связи параметров растений для наиболее правильного отображения влияния экологических условий на ход продукционного процесса.

Например, регрессионный анализ данных влияния агроэкологических факторов на продуктивность яровой пшеницы показывает, что эта зависимость описывается следующим уравнением:

$$Y = -5599 + 994,4X_3 - 43,7X_5 - 43,3X_6 - 6,3X_7 + 0,4X_9 + 0,9X_{10} + 0,7X_{11} - 0,8X_{12} - 8,4X_{15} + 741,3X_{16} - 588,2X_{17} + 67,9X_{18} - 1688,4X_2 - 0,3X_{20} - 0,04X_{22} + 0,2X_{24} + 0,6X_{27} + 11,6X_{28}, \quad R^2 = 96,7,$$

где Y – урожайность яровой пшеницы, т с 1 га;

X_2 – X_{18} – параметры агроландшафтных факторов; X_{20} – площадь листьев в фазу выхода в трубку; X_{22} – количество стеблей; X_{24} – высота растений; X_{27} – масса 1000 зерен; X_{28} – продуктивная кустистость;

R^2 – коэффициент детерминации.

Следующий шаг – определение степени влияния агроэкологических факторов на продукционный процесс изучаемой культуры. Сила влияния факторов на продуктивность определялась по методу Н.А. Плохинского путем деления частной суммы квадратов отклонений на общую сумму.

В результате установлено, что урожайность яровой пшеницы находится в обратной зависимости от объемной влажности, пористости аэрации почвы. Силы влияния этих факторов 10,4 % и 41,9 % соответственно. Оптимальная объемная влажность для формирования ее урожая составляет 24-26 %, пористость аэрации 20-28 %. Изменение высоты растений пшеницы обеспечивает 9,9 % варибельности урожайности.

Анализ полученных данных позволяет использовать выявленные закономерности при разработке цифровых моделей технологий интенсивного производства продукции растениеводства в различных почвенно-климатических зонах и их научного обоснования. Таким образом, для каждой культуры можно получить ряд уравнений. Уравнения получены методом пошагового регрессионного анализа. Число вводимых в регрессию членов увеличивалось до тех пор, пока продолжался рост коэффициента множественной корреляции с поправкой на число степеней свободы.

Используя данные мультирегрессионных уравнений можно в динамике определить – как изменялся тот или иной параметр в зависимости от агроэкологических показателей ландшафтных условий, проследить внутри- и межвидовую конкуренцию, наибольшую силу влияния каждого параметра и др.

Список литературы.

1. Иванов Д.А. Применение геостатистических методов при разработке ландшафтно-адаптивного землепользования / Д.А.Иванов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. -2019. -Т. 20.-№ 4. -С. 351-367
2. Косолапов В.М. Агроландшафты центрального черноземья. Районирование и управление /Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова А.С., Яковлева Е.П. - Москва, 2015
3. Наумкин В.Н. Адаптивное растениеводство /Наумкин В.Н., Ступин А.С., Лопачев Н.А., Лысенко Н.Н., Стебаков В.А. // Санкт-Петербург, 2018
4. Gritz N.V., Dichensky A.V. Impact of agricultural landscape conditions on botanical composition of legume-bluegrass mixtures: An analytical system of monitoring the state of agrocenoses // RESEARCH ON CROPS journal Vol. 21, No. 2 (June) 2020: 231-236, DOI : 10.31830/2348-7542.2020.040

**Высокотехнологичные способы формирования
рациональной поливидовой смеси однолетних
кормовых культур**
**High-tech methods for the formation of a rational multispecies
mixture of annual feed crops**

Линьков В.В.

*УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия
ветеринарной медицины»*

АННОТАЦИЯ. Производственными исследованиями определены наиболее рациональные инновационные подходы формирования поливидовой однолетней кормосмеси в составе вики яровой, овса посевного и мальвы курчаволистной.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поливидовая кормосмесь, высокотехнологичные средства земледелия, экономическая эффективность.

ANNOTATION. Industrial studies have identified the most rational innovative approaches to the formation of a multivariable annual feed mixture as a part of spring wiki, sowing oats and curly-leaved mallow.

KEYWORDS: polyvide fodder mixture, high-tech means of agriculture, economic efficiency.

Отличительной особенностью земледелия в историческом аспекте является постоянное наращивание возможностей использования прошлого труда [1–7]. При этом, среди высокотехнологичных элементов агропроизводства особенно прогрессируют следующие: сортовой состав культивируемых видов растений; сельскохозяйственная техника; химические и другие средства защиты; минеральные удобрения; полимерные материалы; активаторы ростовых процессов растений; трудоресурсный потенциал и другие [2, 4, 6]. Улучшение отмеченных и поиск новых высокотехнологичных элементов земледелия – в настоящий момент является важной народнохозяйственной задачей. Поэтому, представленные на обсуждение результаты исследований инновационных способов создания поливидовой (трёхкомпонентной) смеси однолетних кормовых культур являются актуальными, востребованными практически в каждом сельскохозяйственном предприятии.

Материал, методика и результаты исследований. Исследования проводились в 2009–2019 гг в производственных условиях крупнотоварного специализированного сельскохозяйственного предприятия ОАО «Возрождение» Витебского района. Цель исследований заключалась в поиске новых внутри-

Стратегия и принципы конструирования адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов

хозяйственных резервов кормопроизводства, включающего расширение использования трёхкомпонентной вико-овсяно-мальевой смеси однолетних кормовых культур, зелёная масса которой служила сырьём в производстве зерносилоса для коров. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение полевых и лабораторных исследований в создании высокоэффективной поливидовой смеси; изучение отдельных элементов и способов формирования агрофитоценоза; осуществлялась математическая обработка полученных данных и их интерпретация. Методика полевых и лабораторных исследований общепринятая. Методологической базой исследований послужили методы анализа, синтеза, дедукции, логический, прикладной математической статистики.

Исследованиями было установлено, что среди высокотехнологичных элементов и способов формирования рациональной поливидовой смеси в составе вики яровой, овса посевного и мальвы курчаволистной (курчавой) наибольшее влияние имеют следующие, представленные на рисунке 1.

Рисунок 1 – Высокотехнологичные антропогенно-управляемые макрофакторы создания рациональной поливидовой смеси однолетних кормовых культур



Исследованиями установлено, что в зону оптимизации (технологическую схему) отмеченных на рисунке 1 макрофакторов можно включить следующие элементы: 1) Сорт вики яровой (*Vicia sativa* L.) Белорусская 8 с нормой высева всхожих семян 1,3 млн. шт./га; сорт овса посевного (*Ovena sativa* L.) Запавет, при норме высева в смеси 3,7 млн. шт./га; мальва курчавая (*Malva cispa* L.) сорт Удача, с нормой высева 0,9 млн. шт. всхожих семян на гектар. 2) Полевое формирование смеси в настоящее время осуществляется рядовым способом посева (в оптимально ранние сроки) при использовании саморегу-

ляторных свойств отмеченных видов и сортов агрокультур и, является проблемным звеном всей агротехнологической цепочки. 3) Предусматривается тщательная подготовка почвы, внесение органических (80–100 т/га перепревшего и полуперепревшего навоза) и минеральных удобрений в зависимости от агрохимических характеристик почвы и планируемого урожая ($N_{50-100+30}$, $P_{100-150}$, $K_{150-180}$). 4) Уборка зелёной массы осуществляется в оптимальные сроки с формированием следующего состава биомассы перед закладкой в силосные сооружения (вика-овёс-мальва, соответственно 23, 60 и 17 %). 5) Заготовка корма производится в виде зерносилоса, с последующим использованием в рационах кормления коров дойного стада.

Высокая технологичность отмеченных элементов агротехнологии создания рациональной поливидовой смеси однолетних кормовых культур достигается за счёт сочетанного взаимодействия представленных макрофакторов, их синхронизации и ритмичности. Общий экономический эффект при использовании данной инновации составляет 395 руб. (rus) в расчёте на балло-гектар пахотных угодий.

Заключение. Таким образом, представленные элементы агротехнологии по формированию высокоэффективной поливидовой смеси однолетних кормовых культур (вика-овсяно-мальвовой) позволяют изыскивать новые внутрихозяйственные резервы производства сельскохозяйственной продукции. Использование предлагаемой инновации позволяет увеличить эффективность производства кормов в размере 395,6 руб. (rus) на балло-гектар пашни.

Список литературы.

1. Гончарова, Э. А. Экологическая и физиолого-генетическая составляющая адаптивного потенциала сельскохозяйственных растений / Э. А. Гончарова // Современные проблемы адаптации (Жученковские чтения IV). Часть II: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции 24–26 сентября 2018 г. / отв. ред. О.Н. Полухин. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2018. – С. 76–79.

2. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика : в 3 т. / А. А. Жученко. – Москва : Агрорус, 2009. – Т. 2 : Биологизация и экологизация интенсификационных процессов как основа перехода к адаптивному развитию АПК. Основы адаптивного использования природных, биологических и техногенных ресурсов. – 1098 с.

3. Линьков В. В. Агрономические элементы создания высокоэффективной поливидовой кормосмеси / В. В. Линьков // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : сборник статей по материалам XV Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию Заслуженного агронома БССР, Почетного профессора БГСХА А. М. Богомолова. – Горки : БГСХА, 2020. – С. 214–217.

4. Линьков, В. В. Введение в прогрессивную агрономию: монография / В. В. Линьков. – Riga (EU) Mauritius : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 167 с

5. Линьков, В. В. Производственно-экономические подходы возделывания смесей однолетних культур для кормления дойного стада коров / В. В. Линьков // Молочнохозяйственный вестник : Электронный периодический теоретический и научно-практический журнал. – 2019. – №4. – С. 79–93.

6. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : Сборник отраслевых регламентов / Под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск : Беларуская навука, 2012. – 471 с

7. Перонко, И. А. Активизация инновационной деятельности предприятий как фактор развития экономики региона / И. А. Перонко, К. В. Анисимов, Ю. А. Постарнак // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 81. – С. 68–72.

7. Направление «Вопросы экологической экономики и энергетической «цены» повышения урожая»

УДК:631.34:632.631.12

Особенности использования экономических порогов целесообразности применения гербицидов в рыночной экономике **Features of the use of economic thresholds for the feasibility of using herbicides in a market economy**

Захаренко В.А.

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

АННОТАЦИЯ. Научно обоснованные экономических пороги целесообразности применения гербицидов создает предпосылки для экономически обоснованного сокращения рисков опасности потерь урожая культурных растений от сорных растений в агроэкосистемах минимальной опасностью загрязнения окружающей среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гербициды, экономических пороги целесообразности применения гербицидов, сорные растения, рыночная экономика.

ANNOTATION. Scientifically substantiated economic thresholds for the feasibility of using herbicides create the preconditions for an economically justified reduction of the risks of the risk of crop yield losses from weeds in agroecosystems with a minimum risk of environmental pollution.

KEYWORDS: herbicides, economic thresholds for the feasibility of using herbicides, weeds, market economy.

Научно обоснованное применение средств борьбы с сорняками с использованием гербицидов предполагает дифференцированное использование экономических показателей при оценке взаимодействия в агроэкосистемах продуктивности культурных растений и рисков потерь урожая от сорных растений, конкурирующих за условия среды обитания (минеральные питательные вещества, влагу, свет, пространство и другие) с культурными. В качестве обобщенных характеристик влияния гербицидов на взаимодействия растений при решении практических вопросов, связанных с влиянием гербицидов на продуктивность агроэкосистем нами предлагаются экономические пороговые показатели целесообразности применения гербицидов (ЭПЦ), характеризующие соотношение сохраненного урожая от подавления сорной растительности агроэкосистем культурных растений в

натуральных (кг или т/га) и стоимостных величинах (руб./га) и затрат на применение гербицидов (руб./га). На основании указанных данных оценивается прибыль (убыток) полученного от сохраненной (разница сохраненного урожая (руб./га) и затрат, (руб./га) и уровня рентабельности в % (отношение сохраненного урожая к затратам) [1].

Новизна представленного метода оценки ЭПЦГ и результатов реализации метода состоит в особенностях и возможностях их использования в новых условиях развития аграрного сектора в условиях хозрасчетной рыночной экономики с основным экономическим законом получения максимальной прибыльности производства при минимальном влиянии государства на формирование стоимостных показателей при частной собственности на материально-технические ресурсы и на землю при сложившейся в условиях разрушения аграрного сектора в процессе реформирования экономики СССР с государственной собственностью и административной плановой политикой в крупном колхозно-совхозном секторе (25 тыс. предприятий). На базе разрушенных социалистических колхозно-совхозных предприятий уже сформировалась и функционирует более 25 лет многоукладный при возникшей структуре разукрупненного аграрного сектора - 36 тыс. сельскохозяйственных предприятий с площадью сельскохозяйственных угодий со средней площадью 2500 га, 140040 крестьянских (фермерских хозяйств) соответственно с площадью 287 га и 15 млн. личных подсобных хозяйства (ЛПХ), производивших сельскохозяйственную продукцию на площадь от 0,06 га [2].

В возникшем новом многоукладном секторе при произошедшем сокращении посевных площадей, повышением уровня специализации растениеводства: в группе более крупных сельскохозяйственных предприятиях зерновых и технических культур, менее крупных хозяйствах в крестьянских (фермерских) хозяйствах ЛПХ картофеля, овощных и плодовых культур повысилась опасность распространения и развития сорной растительности.

В земледелии борьба ведется против 200 видов сорных растений, из которых 120 видов однолетних и многолетних считаются наиболее экономически опасными, снижающими урожай культур ежегодно.

Десять наиболее опасных видов представлены в посевах зерновых культур: *Cirsium arvense*, *Sonchus arvensis*, *Convolvulus arvensis*, *Avena fatua*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Matricaria inodora*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria spp.*, *Barbarea vulgaris*; льна-долгуца соответственно: *Sonchus arvensis*, *Agrostemma githago*, *Elimus repens*, *Chenopodium album*, *Matricaria inodora*, *Barbarea vulgaris*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Avena fatua*; сахарной свеклы: *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Cirsium arvense*, *Sonchus arvensis*, *Setaria spp.*, *Convolvulus arvensis*, *Avena fatua*, *Barbarea vulgaris*, *Elimus repens*; нодсолнечника: *Amaranthus retroflexus*, *Convolvulus arvensis*, *Sonchus arvensis*, *Chenopodium album*, *Setaria spp.*, *Avena fatua*, *Echinochloa crus-galli*, *Barbarea vulgaris*; картофеля: *Chenopodium album*, *Sonchus arvensis*, *Cirsium arvense*, *Elimus repens*, *Barbarea vulgaris*, *Stellaria*

media, Galeopsis ladanum, Amaranthus retroflexus, Galeopsis tetrahit, *Echinochloa agrus-galil*.

Кроме видового состава сорняков при применении гербицидов следует учитывать затраты материально-технических и трудовых ресурсов и опасность для окружающей среды, а также на сколько окупаются затраты дополнительно сохраняемым урожаем. Для оценки окупаемости затрат на использование гербицидов нами предложена модель зависимости количественных сторон взаимоотношений культурных и сорных растений, конкуренции сорняков за условия внешней среды (элементы минерального питания, влага, свет, пространство). Зависимость в общем виде определяется показателями потерь урожая культур в связи с популяцией сорняков. Потери выражаются в натуральных показателях (ц или т / га) и в стоимостных (руб./га). С достаточной точностью зависимость урожая от уровня распространения сорняков в агроэкосистемах достаточно точно описывается уравнением степенной функции:

$$Y_x = Y_0 \cdot a^x(1)$$

где Y_x - урожайность культуры при заданном уровне засоренности по трехбалльной шкале, x ;

x – балл засоренности (по численности или проективному покрытию поверхности почвы сорняками, соответственно 0- при отсутствии сорняков, 1- при низкой численности, 2- при средней численности и 3- при высокой численности для отдельных сорных растений или биологических групп);

Y_0 - урожайность культуры на участке, свободном от сорняков (балл 0);

a - коэффициент, характеризующий опасность сорняков, в относительных показателях, долях в интервале от 0 до 1 или в процентах от 0 до 100 %, отражаемых трехбалльной шкалой.

Потенциальные потери урожая при определенном уровне распространения сорных растений рассчитываются в виде разницы в урожае в варианте свободном от сорняков (показатель-0) и при заданном уровне распространения сорных растений (x):

$$П_{yx} = Y_0 - Y_x = Y_0 - Y_0 \cdot a^x = Y_0 \cdot (1 - a^x) (2)$$

По результатам обобщения полевых опытов в стране при оценке показателей уровня урожайности сельскохозяйственных культур при трех баллах засоренности определяются количественные зависимости показатели урожая от численности сорняков (уравнение 1) на основе расчетов с использованием метода «наименьших квадратов», а в соответствии с уравнением 2 - показатели потерь урожая от численности сорняков. Обобщенные результаты расчетов зависимостей потерь урожайности сельскохозяйственных культур на уровне страны представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уравнения показателей зависимости потерь урожая (Y_x) от уровня распространения сорных растений (X) в посевах основных полевых культур.

Культуры	Уравнения	X=1 (низкий)	X=2 (средний)	X=3 (высокий)
Зерновые	$Y_x = Y_0 \cdot (1 - 0,91^x)$	9	19	25
Лен-долгунец	$Y_x = Y_0 \cdot (1 - 0,87^x)$	13	24	35
Сахарная свекла	$Y_x = Y_0 \cdot (1 - 0,85^x)$	15	28	38
Подсолнечник	$Y_x = Y_0 \cdot (1 - 0,90^x)$	10	19	28
Картофель	$Y_x = Y_0 \cdot (1 - 0,91^x)$	9	17	24

Алгоритм расчета ЭПЦГ предполагает проведение трехэтапного расчета: на первом этапе оценки сохраняемого урожая в натуральных и стоимостных показателях; на втором этапе определение издержек сельскохозяйственных товаропроизводителей на применение гербицидов по принятым элементам калькуляции себестоимости сохраненной продукции в результате использования гербицидов в ассортименте по конкретным культурам (с учетом затрат на приобретение гербицидов (произведение цены руб./га на норму расхода гербицида кг/га) и на внесение гербицидов в соответствии с принятой технологией по перечню типовых технологических операций с учетом затрат по заработной плате, на горюче-смазочных материалов, амортизационных отчислений, на ремонт и технические уходы, накладных и прочих расходов); третий этап характеризует определение чистого дохода в виде разницы сохраненного урожая в стоимостной оценке и затрат и рентабельности использования гербицидов в % - отношения чистого дохода к затратам.

Показатели чистого дохода и уровня рентабельности приняты в качестве характеристик для оценки ЭПЦГ. При равенстве показателей сохраняемого урожая и затрат на применение гербицидов, отсутствии прибыли и при нулевом уровне рентабельности, отражающих экономический порог вредоносности сорняков (ЭПВ), ЭПЦГ равен 0, и в случае минусовых показателей характеризующих ЭПЦГ рассматривается как показатель нецелесообразности применения гербицидов. В случае положительных показателей выше ЭПВ, ЭПЦГ при уровне рентабельности до 50 % характеризуется показателем низкого уровня, в интервале выше 50 %- 100 % - среднего, и выше 100 % - высокого уровня.

В соответствии со статическими показателями урожайности сельскохозяйственных культур в среднем за 2016-2018 гг., согласно трехэтапному алгоритму на примере зерновых культур, оценены потенциальные потери урожая при трехуровнях распространения сорных растений и сохраненного урожая с учетом агротехнической эффективности гербицидов 80 % от потенциального показателя потерь согласно данным ФГБУ «Россельхоз-

Вопросы экологической экономики и энергетической «цены» повышения урожая

центр» , определены показатели сохраняемого урожая в т/га и в стоимостной оценке руб./т, затраты на применение гербицидов, показатели суммарных затрат на применение гербицидов, получаемой прибыли и рентабельности применения гербицидов. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели ЭПЦГ зерновых культур в Российской Федерации на посевах с уровнем распространения сорняков, оцениваемых 1-3баллами, при урожайности в среднем 2,7 т/га за 2016-2018 гг.

Показатели	Информация	Балл 1	Балл 2	Балл 3
Потери урожая, %	Урожайность 2,7 т/га	9	10	25
Потери урожая, т зерна/га	В % от 2,7 т/га в т/га	0,243	0,513	0,635
Сохраненный урожай, т/га	80 % от потерь	0,194	0,410	0,540
Сохраненный урожай, руб./га	Цена зерна 8782 руб./т	1704	3604	4742
Затраты. руб./га	2068 руб./га	2068	2068	2068
В том числе на гербициды	1591 руб./га			
Чистый доход, руб./га	Руб./га	-364	1536	2674
Уровень рентабельности, %		-17,6	74,6	129,3

В соответствии с градацией шкалы ЭПЦГ в посевах зерновых культур при урожайности 2,7 т /га в среднем за 2016-2018 гг., низким уровнем засоренности с показателем 1 балл и при риске 9 % потерь урожая, при уровне рентабельности ниже ЭПВ – убыточное и не обоснованное применение гербицидов. При положительном показателе рентабельности применения гербицидов в посевах с засоренностью 2 бала (выше ЭПВ) 74,4 в интервале выше 50 % до 100 % (ЭПЦГ оценивается средним показателем целесообразности применения гербицидов); в посевах с баллом 3 при рентабельности в 129,3 %, в интервалом шкалы свыше 100 % ЭПЦГ оценивается высоким показателем целесообразности применения гербицидов.

Заключение. Оригинальность метода оценки показателей экономических порогов целесообразности применения гербицидов в агроэкосистемах связана с особенностями его использования в условиях рыночной экономики на основе исходной информации ценовых показателей стоимости продукции растениеводства, гербицидов и других ресурсов в технологиях применения по уравнению: Цена = себестоимости + прибыли. Метод предлагается для оценки ЭПЦГ на уровне отдельных полей сельскохозяйственных предприятий, крестьянских (фермерских) хозяйств и ЛПХ, сум-

марно на уровне регионов, федеральных округов и страны в аграрном секторе экономики и в целом на уровне страны.

Список литературы.

1. Захаренко В.А. Ченкин А.Ф., Черкасов В.А. и др. Под. ред. Ю.Н. Фадеева- М..Агропромиздат, 1985.-415 с
2. Федеральная служба Государственной статистики. Российский статистический ежегодник. 2018.-693 с
3. Zakharenko V.A., Zakharenko .A.V /, Integration between weeds and crops. Assesment of crop losses in Russia // XII^e Collogue intern. sur biologie au-vaiesherbes, 11-13 Sept, Dijon, France.1966, P.131-13.

**Глоссарий терминов и положений
академика А. А. Жученко в теории и практике
адаптивной селекции растений
Glossary of terms and conditions
academician A. A. Zhuchenko in the theory and practice
of adaptive plant breeding**

Жученко А.А. мл.,^{1,2}

¹ ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт
садоводства и питомниководства»;

² ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

АННОТАЦИЯ. Академик А.А.Жученко считал, что важнейшей особенностью сельского хозяйства является то, что его основные средства производства «зеленые машины – растения (выступающие одновременно в качестве предметов, а нередко и продуктов труда) «питаются светом и синтезируют в процессе фотосинтеза биологически ценные вещества, используя для этого практически неограниченные и экологически безопасные энергетические и сырьевые ресурсы природной среды (солнечную радиацию, CO₂, азот и другие биофильные элементы и т.д.). Именно это свойство зеленых растений и определяет их основополагающее место в пищевой пирамиде не только живой природы, но и человеческого общества. Достаточно сказать, что около 95 % энергии сухих веществ растений – это аккумулированная в процессе фотосинтеза энергия Солнца, а 98,5% их состава приходится на углерод, водород и кислород, потребляемых из атмосферы. Другой не менее важной абсолютно неустранимой особенностью растениеводства является то, что оно базируется на использовании свободно протекающих в растениях, почве, агроэкосистеме и биосфере биологических процессах, связанных с адаптивными свойствами растений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: адаптация, экологическая генетика, адаптивная селекция, генетические ресурсы, эволюция, стресс.

ANNOTATION. The most important feature of agriculture is that its main means of production "green machines-plants (acting simultaneously as objects, and often as products of labor)" feed on light and synthesize biologically valuable substances in the process of photosynthesis, using practically unlimited and environmentally safe energy and raw materials of the natural environment (solar radiation, CO₂, nitrogen and other biophilic elements, etc.). It is this property of green plants that determines their fundamental place in the food pyramid not only of wildlife, but also of human society. Suffice it to say that about 95 % of

the energy of dry plant substances is the energy of the Sun accumulated during photosynthesis, and 98.5 % of their composition is carbon, hydrogen and oxygen consumed from the atmosphere. Another equally important absolutely unavoidable feature of crop production is that it is based on the use of free-flowing biological processes in plants, soil, agroecosystem and biosphere related to the adaptive properties of plants.

KEYWORDS: adaptation, environmental genetics, adaptive selection, genetic resources, evolution, stress.

Основной методологической особенностью стратегии адаптивной интенсификации АПК является ориентация на естественнонаучную, экономическую и социально-гуманистическую обоснованность развития сельскохозяйственного производства в целом, а также более адаптивное, прежде всего, дифференцированное (высокоточное) и комплексное использование природных, биологических, техногенных, трудовых и экономических ресурсов. Центральное место при этом занимают экологизация и биологизация интенсификационных процессов, реализация которых ставит своей целью повышение суммарной фотосинтетической продуктивности агрофитоценозов, адаптивное агроэкологическое макро-, мезо- и микрорайонирование сельскохозяйственных угодий, переход к адаптивной системе селекции, конструированию высокопродуктивных и экологически устойчивых агроэкосистем и агроландшафтов.

А.А. Жученко,

Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии (эколого-генетические основы). Теория и практика. М. Агрорус, 2010, 1053 с.

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, так 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, обуславливающий 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, обуславливающих 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 стертоидных 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. Уоддингтона (монография «Морфогенез и генетика, М., 1964) «... развить надструктурную теорию, которая позволила бы понять организацию 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 подходов 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 биоценопической 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 дизайнерско-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 микротерритории, 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, фреодоулучшающие возможности, генетический контроль и реализация которых осуществляется как на уровне индивидов, так и фитоценозов. При этом следует также учитывать наиболее важные ценоцические 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).

Адаптивный агроэкологический подход. Еще в начале XX столетия в нашей стране наметилось два разных подхода к сельскохозяйственному районированию территории – агроклиматический и агроэкологический сторонники первого направления в качестве главного фактора, определяющего возможности возделывания и размещения различных сельскохозяйственных культур, обычно рассматривают почвенно-климатические условия (тип почв, сумму активных температур и т.п.), тогда как при агроэкологическом подходе возделываемое растение и его специфические требования к условиям окружающей среды выдвигались в качестве центрального, а все остальные – почва, климат, погода – использовались лишь с учетом особенностей взаимодействия в системе «растение – среда». Безусловно, недостаточная тепло- или влагообеспеченность территории ограничивают выбор сельскохозяйственных культур. И все же понятия «лучший климат» или «лучшая почва» могут характеризовать лишь отношение к ним конкретного вида и даже сорта растений (Жученко, 2010).

Адаптивная система селекции. 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 создания, 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 органондов, 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 («молочный 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 (ги-

бриды), культивируемые виды, агроценозы и агроэкосистемы. По мере усиления напряженности неблагоприятных факторов природной среды и увеличения их повторяемости возрастает роль общей конспигутивной устойчивости культивируемых видов растений, т.е. специфическая устойчивость сортов одного вида как бы уступает место сортам более приспособленного вида (Жученко, 1973, 1980, 2010).

Адаптивная селекция. В условиях роста экстремальности климата и всевозрастающей климатической составляющей в вариабельности величины и качества урожая большинства сельскохозяйственных культур повышение их устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров адаптивная селекция становится главнейшим условием надежности, рентабельности и конкурентоспособности отрасли в целом. С учетом высокой степени неопределенности прогнозов регионального распределения изменений погодно-климатических условий, а также громадного разнообразия в обеспеченности почвенными, тепловыми, водными и другими природными ресурсами разных земледельческих зон в стратегии адаптивной интенсификации отечественного сельскохозяйственного производства, наряду с уже отмеченными, должны быть предусмотрены:

- использование механизмов и структур экологической устойчивости, обеспечивающих наименьшую ее энергетическую «цену» при восстановлении стационарного уровня метаболических процессов растений, а также высокую скорость наступления онтогенетического и/или филогенетического адаптационного эффекта;

- применение методов адаптивной системы селекции, обеспечивающей «доминирование генотипа» над нерегулируемыми факторами внешней среды, а также приемов экзогенного управления адаптивными реакциями биологических компонентов агроэкосистем и агроландшафтов;

- управление генотипической изменчивостью, а также направлением и темпами естественного отбора биотических компонентов агроценозов с целью поддержания экологического равновесия в многокомпонентных агроэкосистемах и агроландшафтах;

- эффективное использование химико-техногенных факторов (удобрений, пестицидов и пр.), рассматриваемых в качестве важного, но лишь вспомогательного средства утилизации растениями неограниченных ресурсов биосферы (солнечной энергии, CO_2 и др.);

- повышение климатической и погодной преадаптивности региональной инфраструктуры АПК (системы хранения, транспортировки, переработки и др.), а также роста способности сельскохозяйственных отраслей, их организационных форм и социально-экономических структур к гибкому реагированию на изменения условий внешней среды и рынка.

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 удастся, 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 районированных сортов и гибридов значительно возросла в связи 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 разноможения, 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, фроки посева и др.). Сохранение «эволюционной» и «онтогенетической» памяти сортов и гибридов требует периодического возврата пер-

вичного 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 конспигутивные (синонимы: организационные, системные, стержневые, основополагающие), обуславливающие 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 функциональной 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 инконгруэнтности геномов, квазисцепления, ограничения множественных обменов из-за положительной интерференции, рецессивности гес-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 постингамных 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 эволюционно-

го 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 гес-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 запасаения 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, квазицепления, ограничения множественных обменов из-за положительной интерференции, рецессивность гес-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 постингамных 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 рассевания, 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).

Биологические потребности человека. Практически не изменились в течение тысячелетий. Однако последствия резкого снижения числа культивируемых видов растений, перехода к химико-промышленным технологиям возделывания и переработки сельскохозяйственных культур, а также процессов урбанизации общества в целом можно оценить с большим

опозданием и то лишь по косвенным показателям. Так, несмотря на утверждения о якобы экологической и пищевой безопасности остатков большинства используемых синтетических пестицидов, вероятность загрязнения ими продуктов питания остается высокой. Об этом, в частности, свидетельствуют снижение видового разнообразия фауны и флоры в интенсивных агроландшафтах (их биотическое опустынивание), испарение и перенос пестицидов на большие расстояния, загрязнение ими грунтовых и дождевых вод. Поскольку кумулятивные и синергические эффекты действия пестицидов и компонентов их распада обычно непредсказуемы, даже самые вредные из них оказываются под запретом лишь спустя десятки лет после широкого повсеместного применения (к числу таковых относятся ДДТ, ГХЦГ, дихлорэтан, нитрофен, квинтозен и др.). Появление во внешней и внутренней средах новых токсиантов, вирусов, бактерий и физических агентов, считают Казначеев и Спирин (1987), воздействует на наиболее древние, глубинные механизмы приспособления человека, включая ферментативно-макромолекулярные, биофизические, рецепторные механизмы адаптации и защиты. Если современная лечебная медицина высокоэффективна в терапии острых заболеваний, то она пока не располагает эффективными средствами лечения хронических процессов, явлений патологического старения и особенно их предупреждения. Так, повсеместно отмечается рост психологической (психоэмоциональной) неустойчивости; увеличивается доля хронических заболеваний, по существу, всех форм патологий; наблюдаются отрицательные сдвиги в генетическом балансе населения (Казначеев, Спирин, 1987). Среди хронических неинфекционных заболеваний выделяется психическая патология (алкоголизм, наркомания, умственная отсталость, неврозы и пр.) (Жученко, 2010).

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 целого 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:

*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.

– 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 Гремме 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 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 временной 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 сортоисменны 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 возбуждителей бо-

лезней, 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 кушения (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. Требуется, прежде всего, обеспечения агроэкологической адресности, а также пространственной и временной 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 временной достоверности системы государственного испытания является не только актуальной, но и весьма сложной, причем как в научном, так и в практическом плане задач. Подробно эти вопросы были рассмотрены ранее (Жученко, 1976, 1980, 1988, 2001, 2004).

Высокая «культура питания». Оптимальная жизнедеятельность организма, с поправками на существующие условия быта, климата, особенности труда и т.д. Она же включает и понимание всех этапов работы по созданию, транспортировке, хранению и переработке продуктов питания в

сельском хозяйстве, пищевой промышленности и торговле. Вероятно, к «культуре питания» следует отнести и возврат в структуре питания к традиционным для каждой нации продуктам. Многогранность этой проблемы очевидна. Несмотря на пережитую «культурную эволюцию» Homo sapiens как биологический вид несет «эволюционную память», зафиксированную в наследственном аппарате, о длительном периоде существования на основе собирательства и охоты, т.е. использования ресурсов местной фауны и флоры. Известно также, что в течение последних 10 тыс. лет занятий земледелием человек ввел в культуру не менее 5–7 тыс. видов растений, из которых лишь 20 видов в настоящее время формируют около 90% пищевой пирамиды человечества. Помимо резкого снижения экологической устойчивости агроэкосистем с низким биологическим разнообразием к действию абиотических и биотических стрессоров, значительно уменьшился и спектр исторически потребляемых человеком биологически ценных веществ (полный состав которых еще только предстоит определить) (Жученко, 1973, 1980). Аналогичной точки зрения придерживался и Н. Борлауг (1983), по мнению которого из выращиваемых в настоящее время свыше 3000 видов растений лишь 29 являются основными поставщиками калорий и белка. Пицца туземного населения, пишет Н. Brown и В. Pariser (1975), значительно более разнообразна по сравнению с продуктами питания граждан «цивилизованных стран», где весь кажущийся большой ассортимент представляет собой, по существу, многочисленные комбинации весьма ограниченного числа исходных пищевых продуктов (Жученко, 2010, 12).

«Здоровье нации». Рассматривается в качестве высшего приоритета цивилизованного общества. Этим, собственно, и обусловлено отношение к экологии и производству продуктов питания. При этом экологическая и продовольственная политика должна быть ориентирована на наиболее рациональное использование местных природных ресурсов. В ней также следует учитывать этнические традиции питания, специфику климата, разные уровни доходов местного населения, характер труда основных групп населения и пр. Важное место при этом занимает обеспечение полноценного питания групп населения с низким уровнем доходов. Как справедливо считает Анри Ваузен, «судьба народов зависит от того, что они едят». Очевидно также, что реализация растениеводческих программ должна базироваться на зональных особенностях производства и хранения продуктов питания, особенно в районах холодного, жаркого и муссонного климата. Известно, что в разных странах населению поставляется сельскохозяйственная продукция разной степени переработки. Причем в большинстве развивающихся стран основная часть продукции поступает в натуральном виде (картофель, овощи, фрукты и др.). Поэтому необходимо тщательно учитывать специфику геохимических провинций (Фельдман и др., 1976) в связи с возможным недостатком йода, избытком фтора и т.д. Оптимизация производства продуктов питания с учетом факторов здоровья и ресурсов требует

оценки в каждой почвенно-климатической зоне продуктивности видовой и сортовой структуры агроценозов, а также выхода с единицы площади в течение вегетации пищевых калорий, аминокислот, углеводов, минеральных солей, витаминов. При этом особое внимание должно быть обращено на удельные затраты ископаемой энергии и пресной воды. Исключительно важную роль играет создание полномасштабной инфраструктуры переработки сельскохозяйственной продукции, включающей производство полуфабрикатов, готовых блюд, продуктов детского, диетического и профилактического питания, пищевых и ароматических добавок, белковых изолятов и т.д. Центральное место во всей системе должно быть отведено комплексу мер по профилактике заболеваний. Например, широкое распространение инфекционных и протозойных заболеваний в весенний период значительно усугубляет витаминный дефицит. Заметим, что особенности географического распределения болезней в нашей стране связаны с недостаточностью или, наоборот, с избыточностью тех или иных компонентов полноценного питания (Жученко, 2010).

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 варибельности (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).

Натуральный продукт. Каждый вид растений обладает уникальным сочетанием биологически ценных компонентов и поэтому только большое видовое разнообразие может соответствовать требованию «здоровая расти-

тельная пища». Между тем с ростом урожайности сельскохозяйственных культур произошло значительное снижение содержания биологически ценных веществ, а также вкусовых показателей. Например, во многих сельскохозяйственных культурах, в т.ч. и зерновых, за последние 100 лет существенно повысилась содержание калия и одновременно снизилось количество магния и кремния. В результате широкого распространения генетически однородных сортов и гибридов резко возросла их экологическая и генетическая уязвимость, что значительно усилило опасность поражения растений грибными заболеваниями и накопления в урожае микотоксинов. Как справедливо отмечает Фукуока (1993), «пища и лекарства – это не совсем две разные вещи: это две стороны одной медали». При этом особенно большое значение имеет не только содержание биологически ценных веществ, но и вкус продукта, рассматриваемого в качестве важного компонента физиологически ценной пищи. Поскольку многие из компонентов, определяющие вкус и запах растительных продуктов, т.е. их органолептические свойства, остаются неидентифицированными (а их сотни!), введено понятие «ценности цельного плода». Заметим, что по разнообразию биохимических реакций растения значительно богаче животных, а свыше 80% всех известных к настоящему времени пищевых природных веществ имеют растительное происхождение. А это, в свою очередь, означает, что обеднение видового состава агро-экосистем оказывается неадаптивным не только в плане их продукционных и редоулучшающих функций, но и обеспечения здоровья, работоспособности и «качества жизни» человека (Жученко, 2010, 12).

«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 потен-

циальной генетической изменчивости и ее перехода в свободную и доступную отбору, феноменологии кроссоверных обменов (зависимость от условий внешней и «внутренней» среды, пloidности, 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 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. 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 органном, 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 *Pb*, 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 межхромосомно обмена с помощью обработки гетерозигот рентгеновскими лучами, в результате которой небольшой участок хромосомы *Aegilops umbellulata* Zhuk, обуславливающий устойчивость к бурой ржавчине (*Puccinia triticina* Erikss.), 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).

Повышение энергетической эффективности интенсивных агроэкосистем. Оптимизация территориальной концентрации агроэкологически однотипных посевов и посадок сельскохозяйственных культур на основе перехода к адаптивному землеустройству. И хотя в каждом конкретном случае оптимальные размеры экологически однотипных агроэкосистем окажутся разными, очевидна зависимость их размера от степени разнотипности территории (неравномерного распределения лимитирующих величин) и качества урожая факторов природной среды, адаптивного потенциала возделываемых видов (сортов) и обеспеченности невосполнимыми энергоресурсами, необходимыми для поддержания экологического равновесия в агроландшафтном комплексе. Первостепенную роль в обеспечении продовольственной безопасности имеет снижение потерь сельскохозяйственной продукции как на этапах ее хранения, транспортировки и переработки, так и ресурсоэнергозатрат. Создание соответствующей инфраструктуры играет особенно важную роль в странах с большой территорией, а также активно участвующих в межрегиональной мировой торговле сельскохозяйственной продукцией (Жученко, 2010, 12).

Показатели состояния продовольственной безопасности. Для каждой страны, как и мира (по критериям ФАО), является динамикой среднегодового производства зерна. При этом снижение этого показателя до 600 кг в год считается общим предельным уровнем продовольственной безопасности страны. В качестве другого показателя границей (порогом) продовольственной безопасности любой страны выступает импорт сельскохозяйственного сырья и готовой продукции, превышающий 20 % от их общего оборота. Ранее порогом мировой продовольственной безопасности, по расчетам ФАО, был уровень запасов зерна в размере 20 % от его общего потребления. К настоящему времени этот уровень снижен до 16 %, тогда как в США он составляет 40 %. В международной статистике продовольственную безопасность нередко оценивают по уровню калорийности суточного рациона питания населения. Однако, как и все среднестатистические показатели, данный показатель имеет определенные недостатки. Очевидно, что каждой нации свойственны свои пристрастия в потреблении

продуктов питания, продиктованные национальными и религиозными традициями, природно-климатическими и другими особенностями страны. Именно местные культуры, обеспечивающие сравнительно высокий, устойчивый и качественный урожай за счет лучшей приспособленности к местным условиям, собственно, и определили особенности русской народной кухни, которая, как об этом писала Е.А. Авдеева (1845), «... для нас во всех отношениях здоровее и полезнее», поскольку она в течение «столетий передавалась от отцов к детям и оправдывается местностью, климатом, образом жизни. Хорошо перенимать нужное, хорошее, но своего оставлять не должно и всегда его надобно считать всему основанием». В отличие от европейских государств и США, продолжает Е.А. Авдеева, где все подведено под одну систему, «у нас общей системы не может быть потому, что местоположение, климат, почвы, произведения и промышленность в разных частях России противоположны до невероятности». Нетрудно представить, каково будет качество «продовольственной корзины» россиян, если зарубежным фирмам с помощью государственного протекционизма (отечественным чиновникам и зарубежным поставщикам) удастся «либерализовать» наш рынок продовольствия путем окончательного уничтожения его отечественной производственной базы (Жученко, 2010, 12).

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 искомым 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 раскительных ресурсов и селекции обусловлена суровостью и разнообразием почвенно-климатических и погодных условий в основных сельскохозяйственных 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, тимopheевки, ковра, 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 стрессоров), так и большей доступной отбору соответствующей генотипической изменчивостью (Жученко, 2010).

Природные экстремумы. Катастрофические землетрясения, наводнения, снежные лавины, ураганы, лесные и торфяные пожары и пр. могут быть смягчены и даже предотвращены за счет соответствующих технических решений, в сельскохозяйственном производстве эффективная борьба природными катаклизмами базируется, в первую очередь, на способности основных средств производства и труда (видов и сортов растений, пород животных, типов агроэкосистем и агроландшафтов, систем севооборотов и земледелия) противостоять засухам и суховеям, пыльным бурям, чрезвычайным морозам и заморозкам и пр*. При этом биологические средства защиты в большинстве случаев превосходят химико-техногенные не только по уровню экологической безопасности, но и рентабельности. «Все эти враги сельского хозяйства: ветры, бури, засухи и суховеи, страшны нам лишь потому, – писал В.В. Докучаев (1949) – что мы не умеем владеть ими. Они не зло, их только надо изучить и научиться управлять ими, и тогда они же будут работать нам на пользу» (Жученко, 2010).

Проблема современного сельского хозяйства. Проблема не столько в недостатке новой техники и пестицидов, и даже не в супербиотехнологиях, сколько в экологических, социально-экономических, ресурсных, демографических, политических, этнических и этических противоречиях. Иными словами, речь идет о развитии сельскохозяйственного производства как основы жизнеспособности всего общества в долгосрочной перспективе. Продовольствие, как известно, является товаром особого рода, ритмичность

*Биологическая составляющая предотвращения последствий климатических и погодных экстремумов в растениеводстве будет постоянно увеличиваться

поступления и достаточное производство которого должны быть гарантированы. Между тем главная сложность успешного решения этой задачи состоит в том, что многие факторы химико-техногенной интенсификации растениеводства, способствующие повышению потенциальной урожайности агроценозов (орошение, высокие дозы азотных удобрений и пестицидов, загущение посевов и др.), одновременно могут снижать их устойчивость к действию абиотических и биотических стрессоров. Причем нестабильность производства продуктов растениеводства присуща не только развивающимся, но и промышленно развитым странам. В настоящее время мировые запасы составляют около 60 млн т, тогда как, согласно оценкам ФАО, минимальный уровень мировых запасов зерна должен быть равен 18–20 % от годового потребления. Вот почему экологизация и биологизация интенсификационных процессов становятся необходимым условием устойчивого роста продуктивности сельскохозяйственных культур в долгосрочной перспективе (Жученко, 2010, 12).

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 возрастает. Существенно, что в этой ситуации экономического ущерба 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 временной репрезентативности рекомендаций науки (Жученко, 1980, 2010).

Проблема повышения энергетической эффективности растениеводства. Вплотную связана и с задачей оптимизации структуры питания. Известно, что при использовании растительного корма животными энергетический выход в конечных продуктах (мясе, молоке, яйцах и др.) составляет обычно 10–15 %. Кроме того, эффективность превращения растительного белка в белок мяса варьирует от 5–10 % (для травоядных на выпасе) до 30–40 % (при производстве яиц, бройлерных цыплят и молока). Согласно Понде (1983), эффективность превращения корма домашних животных, выращиваемых на мясо, распределяется в следующей (уменьшающейся) последовательности: а) прирост животной массы по количеству пищевого белка на 100 г белка, съеденного животными: птица – 20, свинина – 12, говядина – 6, баранина – 3; б) по количеству пищевого белка на 100 ккал энергии, полученной животным с кормом – птица – 11, свинина – 6, говья-

дина – 3, баранина – 1,5; в) по энергетической ценности (в килокалориях) на 100 ккал энергии, полученной животным с кормом – свинина – 23, птица – 13, говядина – 8, баранина – 3. При определении модели производства распительных продуктов питания наряду с факторами здоровья и ресурсов важно учитывать не только специфику культивируемых видов растений по выходу биологически ценных веществ (пищевых калорий, белка, витаминов) с единицы площади, но и неодинаковую энергетическую «цену» этих компонентов в различных почвенно-климатических условиях. Кроме того, рациональное использование невозобновимых энергоресурсов в растениеводстве предполагает научно обоснованное долгосрочное прогнозирование производства продуктов питания. Именно на основе такого прогноза должны планироваться структура агропромышленного комплекса и его отраслей, в т.ч. предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, осуществляться территориальная специализация сельскохозяйственного производства и даже определяться приоритет научных исследований в области производства продуктов питания. С другой стороны, специалисты, формирующие модели «оптимального питания», в условиях демографического взрыва не могут не считаться с реальной необходимостью рационализации питания населения и производства пищи (Жученко, 2010).

Продовольственная проблема. Является старейшей фреиды глобальных проблем и существует с самых ранних этапов развития человеческой цивилизации. Под продовольственной безопасностью понимается обеспечение фактического потребления продуктов питания всем населением страны в соответствии с физиологически обоснованными нормами, учитывающими особенности местного климата, условий труда, возраста и жизни. Очевидно, что понятие продовольственная безопасность включает и способность государства гарантировать удовлетворение потребностей в продовольствии, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность населения. Решение этой задачи требует ритмичной физической и экономической доступности всех потребителей к высококачественным продуктам питания в нужном количестве и ассортименте. Важнейший показатель продовольственной безопасности страны – есамообеспечение, под которым понимается ритмичное удовлетворение основной части потребностей населения в высококачественных продуктах питания за счет собственного производства. При этом обычно выделяют приоритетные виды продовольствия. К ним относят зерно, сахар, распительное масло, молочные и мясные продукты. Обеспеченность пищей всего населения – основа процветания и политической независимости любого государства, а также его высший национальный приоритет (Жученко, 2010).

Продукты питания. Товар особого рода в числе важнейших требований к которому обеспеченность в соответствии с физиологически обоснованными нормами, ритмичность поступления, высокое качество, достаточный ассортимент, учитывающий этнические особенности населения.

Эти и другие показатели продуктов питания определяют специфику их спроса и предложения, а следовательно, и систему рыночного ценообразования (человек не может съесть больше нормы, но и не хочет есть меньше; ему не нужен избыток продовольствия, но он не желает и не может мириться с его недостатком). Задача усложняется тем, что поставка продовольствия зависит от капризов погоды, особенностей почвы и климата, конъюнктуры рынка, транспорта, сезона и т.д. Другими словами, продукты питания обладают высокой эластичностью спроса и предложения. Так, в США потребительская корзина включает 300 продуктов и услуг, во Франции – 250, в Великобритании – 250, в Германии – 475. Ситуация в России не хуже других – с 1992 г. в нашу «корзину» вошли 407 наименований товаров и услуг (Жученко, 2010).

Продовольственная биобезопасность. Согласно имеющимся данным, темпы роста урожайности пшеницы, кукурузы и риса в 1985–2000 гг. по сравнению с предыдущим периодом драматически уменьшились. Поскольку затраты химико-техногенных средств, включая минеральные удобрения, в этот же период продолжали расти, основной причиной снижения урожайности следует считать увеличение зависимости последней от экологической составляющей. Именно на долю этого фактора приходится почти 60 % снижения темпов роста урожайности, из которых наводнения и засухи составляют 29,5 %. Предполагают, что нестабильность поставок зерна из США и Канады в XXI столетии будет усиливаться в связи с предполагаемым увеличением частоты климатических флуктуаций. Кроме того, рост производства зерна за счет использования лишь небольшого числа генетически однородных сортов, неизбежно повышает генетическую и экологическую уязвимость посевов. К 2008 г. мировые резервы зерна уменьшились до 160 млн, т.е. 8 % при норме 18–20 %, т.е. порядка 400 млн т.

Таким образом, недостаток продовольствия, или «хлеба насущного», – одна из главных угроз сопровождающих человечество на всех этапах его развития от натурального до экономического хозяйствования. В соответствующих теоретических обобщениях это нашло отражение в теории о том, что «неумеренные биологические виды отмирают естественным отбором», законе об «убывающем плодородии», или «уменьшающихся прибавках урожая», представлениях Мальтуса о геометрическом росте численности населения и арифметическом увеличении производства продуктов питания и пр. Даже радужные прогнозы, появившиеся в период «зеленой революции» и перехода к преимущественно химико-техногенной интенсификации сельского хозяйства в 1960–1970 гг., оказались несостоятельными.

В настоящее время сплошь и рядом встречаются ситуации, когда экономические стимулы и категория «прибыль (доход)» являются определяющими. При этом главной оказывается ориентация на производство того, что можно продать, чем на то, что действительно соответствует биологиче-

ским и социально-этническим потребностям человека. В результате в борьбе между нарождающейся неэкономической и постиндустриальной цивилизованными моделями проигрывает последняя. А между тем об успехах или неудачах человечества в предстоящий период будут судить по тому, накормим ли мы все население Земли, сохраним ли биологическое разнообразие и экологическое равновесие биосферы? Но главное – успеем ли это сделать!!!

Пророчество английского священника Т. Мальтуса. Т. Мальтус еще в 1798 г. в своем сочинении «Опыт о законе народонаселения» провозгласил «вечный и естественный закон» о росте населения в геометрической прогрессии, а продуктов питания – в арифметической, становится все более актуальным, приобретая зловещие оттенки. Известно, что в XVII–XVIII вв. голодные годы почти регулярно сотрясали не только Россию, Китай, Индию, но и страны Западной Европы (Германию, Францию, Англию), что, как считают, было связано с экстремальными погодными условиями. Такое положение резко обостряет социально-политическое и экономическое противостояние, угрожая всему мировому сообществу голодом. Ситуация усугубляется и тем, что «процветающие страны», в которых проживает лишь 15 % населения Земли, создают главную опасность в загрязнении и разрушении биосферы (77 %), а также всевозрастающем потреблении большей части исчерпаемых ресурсов. И, наконец, важно учитывать, что, по данным ООН, 23 % городских и 80 % сельских жителей мира не обеспечены питьевой водой удовлетворительного качества. При этом вода является одним из дешевых и в то же время наиболее дефицитных видов природных ресурсов, используемых в различных отраслях экономики, и в первую очередь в сельскохозяйственном производстве. Считается, что в XXI столетии именно питьевая (пресная) вода, а не нефть, газ и пр., станет самым востребованным, а возможно, и дорогостоящим природным ресурсом системы «устойчивого развития» всей цивилизации. К этому призывают начиная с 1950 гг. авторы таких известных публикаций, как «Роль человека в изменении лика Земли» (Гомас мл., 1956); «Экономика грядущего космического корабля Земли» (Боулдинг, 1966); «Проектирование с природой» (Макхарта, 1969); «Голодная планета» (Боргетром, 1968); «Народонаселение, ресурсы и преда обитания: дискуссия по экологии человека» (П. Эрлих, А. Эрлих, 1970) и др. Голод, недоедание и смерть миллионов, в т.ч. детей, в большинстве развивающихся стран мира – это следствие неокolonialной политики промышленно развитых стран в прошлом и настоящем. Тот факт, что в одних странах умирают от голода, а в других борются со ожирением, лауреат Нобелевской премии Н. Борлауг (2001) справедливо относит к числу самых позорных явлений нашего времени (Жученко, 2010).

Противоречия односторонней, преимущественно химико-техногенной интенсификации растениеводства. Базируются на использовании всевозрастающего количества ископаемых ресурсов, переходе к

севооборотам с короткой ротацией и монокультуре, все больших масштабах водной и ветровой эрозии земель, резком снижении генотипического разнообразия агроэкосистем и их способности к поддержанию экологического равновесия за счет механизмов и структур биоценотической саморегуляции, носят системный и долговременный характер. Попытки устранить такие негативные тенденции, как экспоненциальный рост затрат невосполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции (в т.ч. пищевую калорию), рост масштабов загрязнения и разрушения природной среды, усиление зависимости величины и качества урожая от «капризов» погоды в рамках существующей стратегии преимущественно химико-техногенной интенсификации обречены на провал, поскольку в ее основе лежит игнорирование важнейших законов развития живой и неживой природы. Более того, стремление смягчить указанные противоречия за счет дополнительных вложений ископаемой энергии сопровождается «бумеранговым» эффектом и лишь усугубляет ситуацию. Наконец, преимущественно химико-техногенная интенсификация производства, приводящая на определенном этапе к существенному ухудшению условий окружающей среды, обладает свойством самоограничения темпов непрерывного роста урожайности. А это, в свою очередь, означает, что природоохранность, ресурсо-энергоэкономичность технологий и их влияние на темпы роста урожайности тесно взаимосвязаны. Сложившаяся ситуация, по существу, и предопределяет необходимость поиска адаптивной стратегии интенсификации растениеводства, главной особенностью которой, на наш взгляд, должна стать наукоемкость, т.е. способность в наибольшей мере использовать громадный потенциал научных знаний, накопленных человечеством (Жученко, 2010).

Развитие отечественного сельского хозяйства – как основы воспроизводимого ресурса в системе народно-хозяйственного комплекса. Является наиболее предпочтительным и реальным. При этом баланс интересов между экономическими, экологическими и социально-этическими составляющими устойчивого развития сельского хозяйства достигается на основе перехода к стратегии адаптивной его интенсификации. Известно, что любое производство активно развивается и становится эффективным только в том случае, если оно с самого начала создает веру в ценность того, что производится. И в этом отношении сельское хозяйство, ориентированное на удовлетворение главной потребности людей – высококачественных продуктах питания – в ближайшей, обозримой и в самой отдаленной перспективе не имеет конкурентов – будь то нефть, газ, нанотехнологии или оружие. Ибо качество пищи и среды обитания, в конечном счете, и определяют высокое «качество жизни» людей, являющегося в XXI столетии главным приоритетом любого цивилизованного государства (Жученко, 2010, 12).

Рекомбинации. Мейотическая рекомбинация является главным фактором адаптивно значимой генотипической изменчивости у цветковых рас-

тений, 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 учетом полигенной при-

роды 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), – «Одностороннее 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 функционального единства в системе «здоровье – питание – ресурсы – демография – агроэкосистема – среда». Очевидно, что реализация концепции гармонизации человеческого общества и природы, единства экономики и экологии выдвигает не только новые требования к качеству растительной продукции (ее разнообразию, чистоте, биологической полноценности, соответствию этническим, духовным и эмоциональным потребностям человека), но и предопределяет функциональное единство в триаде «здоровье – питание – ресурсы». Во всяком случае, практика последних десятилетий показала, что односторонний подход к удовлетворению потребностей населения Земли продуктами питания (рост урожайности за счет широкого применения пестицидов и азотных удобрений, резкое сокращение числа культивируемых видов растений и обеднение диеты, отказ от адаптивных систем земледелия, этнических и региональных особенностей в рационах питания в целях подражания американским или другим стандартам, базирующимся на «белковом ажиотаже») разрывает одни и тут же создает новые проблемы (Жученко, 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 половой 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 сельскохозяйственных 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. Наиболее эффективный, централизованный и широко доступное средство повышения величины и качества урожая, обеспечивающее экологическую безопасность и надежность функционирования агроэкосистем, рост их ресурсоэнергетической 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 рентиобразующего 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 – раскисление 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 CO₂, O₂, 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 полонитантов. 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 пестицидов в водоемы и подпочвенные воды, уничтожении видового разнообразия фауны и флоры и т.д. В атмосфере уже обнаружено свыше 3 тыс. химических веществ ан-

тропогенного 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 большую 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).

Современные достижения науки. Убедительно свидетельствуют о том, что человечество в настоящее время и на ближайшую перспективу располагает реальными возможностями полного удовлетворения продукта-

ми питания. Утверждения о том, что планета Земля способна прокормить лишь «золотой миллиард», научно необоснованны, а в этическом плане – безнравственны. Так, из пригодных для сельскохозяйственного производства 4,6 млрд га суши в настоящее время относительно эффективно используется лишь около 2 млрд га, т.е. менее 50 %. Причем основные резервы неиспользуемых, но пригодных для этого земель находятся в Африке, Латинской Америке, население которых испытывает наиболее острый недостаток в продовольствии. Расчеты показывают, что потенциальная урожайность большинства культивируемых видов растений реализуется в среднем на 15–40 %, а сельскохозяйственных животных – на 30–70 %. Поэтому только за счет применения современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур можно было бы обеспечить продуктами питания 8–10 млрд человек (Жученко, 2010, 12).

Структуризация показателя урожайности. Целесообразность структуризации показателя «урожайность» на составляющие ее компоненты и субкомпоненты обусловлена и тем, что каждый из них по-разному влияет на величину и качество урожая, а также дифференцированно отзывается на отбор и факторы внешней среды (Ипатьев, 1940; Powers, 1945; Griffing, 1953; Gilbert, 1961 и др.). Более того, каждый из этих компонентов на разных стадиях онтогенеза растения может варьировать в разной степени. Причем высокая адаптивность и урожайность культуры могут обеспечиваться за счет сочетания большей стабильности одних и пластичности других признаков (Жученко, 1973; Matsuo, 1975). Например, среди компонентов, влияющих на вариабельность урожайности томата, на признак «число плодов» приходится 85 %, обусловленных генотипом (V_G) и 95 %, зависящих от условий внешней среды (V_E), тогда как остальная часть изменчивости урожайности (15 и 5 % соответственно) связана с признаком «средняя масса плода» (Powers, 1945, 1952). При структуризации урожайности пшеницы в качестве основных компонентов учитывались абсолютная масса зерен и их число на одном растении (Isenbeck, 1950), а при оценке потенциальной и реализованной урожайности риса – число метелок на 1 м², число зерен на одну метелку, масса одного зерна (Yoshida et al., 1972). При генетическом анализе скороспелости растений томата большинство исследователей (Powers, Lyon, 1948; Fogle, Currence, 1950; Kerr, 1955; Corbeil, Butler, 1964) выделяют от 3 до 5 этапов онтогенеза, определяющих значение указанного сложного признака (посев – всходы – цветение – завязывание – созревание). Дискретно-системный подход к анализу урожайности и определению ее основных компонентов и субкомпонентов позволяет выявить наиболее пластичные и стабильные и на этой основе разработать интегрированные селекционно-агротехнические программы с определением приоритета эндогенных и экзогенных путей целесообразного управления адаптивными реакциями.

Каждый из компонентов и субкомпонентов урожайности оказывается, в свою очередь, также сложным признаком, проявление которого зависит от генетической природы многочисленных биохимических и физиологических реакций, а также условий внешней среды. Например, масса и качество зерна твердой пшеницы определяются содержащимися в эндосперме крахмалом и белками, а белки представлены проламинами (43 %), глютелинами (35 %), альбуминами (15 %) и глобулинами (7 %). Последние два обычно включают ферменты, гликопротеины, пуротнионы, лектины, тионины и другие функционально активные вещества (Созинов, 1985). Вариабельность содержания указанных веществ, хотя и в разной степени, влияет на массу и качество зерна, контролируется большим числом генов. Аналогичную структурную схему можно представить для компонентов и субкомпонентов величины и качества урожая разных видов, разновидностей и сортов, а также в зависимости от освещенности, водообеспеченности, температуры, густоты посева, удобрений и т.д. Например, такие компоненты урожайности кукурузы, как длина початка, количество рядов зерен, число зерен в початке, масса 1000 зерен, проявляют существенную вариабельность в зависимости от специфики условий выращивания (среды) (Domesci et al., 1983). У растений пшеницы число колосьев модифицируется сильнее, чем период выколашивания или высота растения, а у сахарной свеклы содержание сахара в корнеплодах варьирует в меньшей степени, чем их масса (Жученко, 1980, 2010).

Статус 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, азотонакопителей, 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, временной и технологической нерепрезентативности (недоверности) 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 позднестелости 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, ночной 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 большую величину и качество урожая. Значительные площади посевов генетически однотипных сортов и гибридов даже в тех случаях, когда они обладают вертикальной (расо-специфичной) 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. опустошительные 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-экологическом, сортовом, агроэкологическом, агроэко-системном, 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 «вспроникаемостью» 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).

«Цех» под открытым небом. Весьма ограниченные способности растений регулировать свою внутреннюю среду (особенно температурный и водный режимы) предопределяют необычно высокую зависимость растениеводства от почвенно-климатических и погодных условий, основные параметры которых (температура, освещенность, продолжительность вегетационного периода и др.) в полевых условиях оптимизировать только за счет агротехники, как правило, невозможно. Наконец, важнейшие адаптивные свойства биологических компонентов агроэкосистем эволюционно и генетически детерминированы. Эти и другие аспекты растениеводства, отражая фундаментальные закономерности развития живой и неживой природы, и обуславливают абсолютно неустранимые особенности этой отрасли, вызывая, с одной стороны, ее высокую зависимость от условий внешней среды («цех под открытым небом»), а с другой – определяя ее статус воспроизводимого ресурса человеческой цивилизации (Жученко А.А., 2010).

Эволюционная «память» о среде обитания. Понимание значения и механизма формирования «онтогенетической» и «эволюционной» 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 скрепления, 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 скреплении (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 большему изменению, 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 «пеха 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, химика, 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» (Жученко, 2010).

Экологические, энергетические и социально-экономические противоречия в современном мировом сельском хозяйстве. Они давно уже выходят за рамки сугубо сельскохозяйственного производства и касаются проблем жизнеобеспечения человечества в целом, поскольку непосредственно влияют на поддержание экологического равновесия биосферы, сохранение природных ландшафтов, плодородия почвы, чистоты воздуха и воды, обеспечение населения планеты высококачественной пищей и сырьем. Иными словами, хотя производство продуктов питания и является главным условием жизнеобеспечения человечества, речь идет о роли сельского хозяйства и в формировании среды обитания, т.е. «качества жизни» человека в целом. Глобально кризисные тенденции в мировом сообществе обусловлены увеличивающимися темпами прироста населения (демографический «взрыв», исчерпаемостью ресурсов Земли (запасов подземных вод, нефти, газа, угля, минерального сырья) и экспоненциальным ростом их использования, высокой уязвимостью конечных звеньев биосферы, ее ограниченными возможностями к самовосстановлению и самоочищению и др. (Жученко, 2010).

Ценовые рычаги. Практически не реагируют на качество продукции растениеводства, обусловленной появлением чужеродных веществ, токсичных элементов и факторов риска. Предполагается, что качество изделий находится в допустимых границах, определенных техническими и гигиеническими предписаниями (нормами). Установлена, например, роль кислотности почвы в поглощении кадмия растениями: при ее повышении поступление кадмия почти во всех случаях возрастало. Подвижность кадмия усиливается и в результате внесения физиологически кислых удобрений, а его поглощение оказывается разным у различных культур и сортов. Заметим, однако, что кадмий относится к числу «тяжелых» металлов, обладает высокой токсичностью и при длительном поступлении в организм (главным образом со овощами и хлебом) может вызвать дисфункцию почек. Между тем не созданы экономические рычаги для соблюдения критериев «чистоты» сельскохозяйственной продукции, а также не созданы необходимые для этого условия. Очевидно, что цены на продукцию растениеводства и животноводства должны в достаточной мере отражать степень допустимого «загрязнения» в соответствии с действующими гигиеническими предписаниями. Такая ситуация с одной стороны стимулирует сельскохозяйственные предприятия к соблюдению технологической дисциплины (главным образом в области питания и защиты растений), а с другой – создавать условия для наказания «загрязнителей» тем, что станет возможным непосредственное определение экономического ущерба. Возмещение ущерба, возникшего при реализации продукции низкого качества из-за содержания чужеродных веществ, токсичных элементов и факторов риска, следовало бы осуществить в полном объеме как за счет вневедомственных, так и сельскохозяйственных организаций, способствующих загрязнению. Лишь в этом случае появится возможность обеспечить эконо-

мическую заинтересованность ответственных работников и рабочие коллективы предприятий в соблюдении качества и «чистоты» сельскохозяйственной продукции (Жученко, 2010).

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, обуславливающий 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, контролирующей 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 эво-

люционными 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 структуризация 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 актуальности 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 выражается 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 ресурсоэнергорасчетливых 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 становится 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, мелланорантов 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, во-

дород и кислород – составляют 98,5 % веса живых организмов, а более 95 % сухого вещества растения является, по существу, аккумулярованной в процессе фотосинтеза энергией Солнца. Считается, что для синтеза 1 г сухого вещества растения используют в среднем 1,5 г CO₂, получаемых из 2,5 м³ 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 энергорасходительным (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 «ресре признаков»), но и влияют на направление и напряженность «внутреннего» отбора мутаций и рекомбинаций (на всех этапах мейоза и постмейоза), обуславливая 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).

Список литературы

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, агробιοценоз). 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 агроценоза (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

Донник И. М.	
Об А. А. Жученко	3
Трубилин А. И.	
Приветственное слово	8
Памяти академика РАН Александра Александровича Жученко	10
1. МЕХАНИЗМЫ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ	14
Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Крахмалева О.А., Яшина Н.А.	
Эколого-адаптивная характеристика сортов озимой ржи по признакам качества зерна	14
Лукомец В. М., Зеленцов С. В., Бочкарев Н.И., Трунова М. В.	
Адаптивная селекция масличных культур	22
Харитонов Е.М., Зеленский Г.А., Зеленский А.Г., Гончарова Ю.К.	
Перспективные технологии и методы в адаптивной селекции риса	26
Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И.	
Морфофизиологические аспекты селекции гречихи на адаптивность	30
Былич Е.Н.	
Полевая оценка мутантных линий кукурузы по устойчивости к основным болезням	34
Гаркуша С.В., Ковалев В.С., Есаулова Л.В.	
Перспективы развития отрасли рисоводства в Российской Федерации ...	38
Королев К.П.	
Эколого - производственный потенциал сортов льна-долгунца в условиях Тюменской области	42
Кумейко Т.Б., Туманьян Н.Г.	
Признаки качества новых фредрезерных сортов риса Наутилус Аполлон, Эльбрус, выращенных в экологическом сортоиспытании РПЗ «Красноармейский» Краснодарского края	45
Кезимана П., Рожмина Т.А., Краснов Г.С., Повхова Л.В., Новаковский Р.О., Пушкова Е.Н., Жученко А.А., Vjelková M., Pavelek M., Дмитриев А.А., Мельникова Н.В.	
Оценка полиморфизма генов семейств <i>SAD</i> и <i>FAD</i> у сортов и линий льна (<i>Linum usitatissimum</i> L.) методом глубокого секвенирования	49
Янош Молнар	
Адаптивная гербология в Венгрии	53
Папулова Э.Ю., Ольховая К.К.	
Содержание амлазы в зерне и амилографические характеристики новых сортов риса Аполлон, Наутилус и Эльбрус урожая 2018 г., выращенных в Красноармейском районе Краснодарского края	57

Трунов Ю.В., Дубровский М.А., Соловьев А.В. Селекция клоновых подвоев яблони в Мичуринском государственном аграрном университете: достижения и перспективы	59
2. УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К ДЕЙСТВИЮ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОРОВ ...	64
Рожмина Т.А., Жученко А.А., Мельникова Н.В., Дмитриев А.А., Рожмина Н.Ю., Андреева И.А., Смирнова А.Д. Перспективы возрождения льноводства России на основе использования биологического потенциала культуры	64
Федулов Ю.П. Особенности оценки морозоустойчивости растений в селекционном процессе.	71
Гончаров С.В., Базиз А.Р., Скибина Ю.С. Способы оценки устойчивости подсолнечника к болезням	75
Гребенникова О.А. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в почках некоторых генотипов рода <i>Ficus</i> на Южном берегу Крыма	78
Гродецкая Т.А., Федорова О.А., Евлаков П.М. Экспрессия генов устойчивости у <i>in vitro</i> клонов тополя при воздействии <i>Alternaria alternata</i> в условиях культивирования спороносными оксидами меди и серебра	82
Заморзасва И.А., Митина И.В., Бахшиев А.Г. Эффективность молекулярных методов оценки устойчивости сортов томата к фитоплазме	86
Лупашку Г.А., Гавзер С.И. Трансгрессивная изменчивость количественных признаков пшеницы при взаимодействии с грибом <i>Fusarium oxysporum</i>	90
Маковой М.Д. Морфологические особенности пыльцевых зерен линий томата в зависимости от уровня закладки соцветия и высокотемпературного воздействия	94
Нековаль С.Н., Садовая А.Е., Бережная Т.М. Комплексная оценка генофонда томата и перспективы его использования в отечественной селекции	98
Сердюков Д.Н., Репко Н.В., Мальцева Д.А. Оценка сортообразцов озимого ячменя на устойчивость к полеганию в условиях центральной зоны Краснодарского края	101
Скаженник М.А., Чижигов В.Н., Петрушин А.Ф., Киселев Е.Н., Пшеницына Т.С. Мониторинг агроценозов риса на основе геоинформационных систем. ...	105

Смирнов М.А.	
Способы повышения сохранности маточных корнеплодов сахарной свеклы в послеуборочный период	109
Упадышева Г. Ю.	
Сравнительное изучение морозостойкости у привитой и корнесобственной вишни.....	112
Чесноков Ю.В.	
Контроль над распространением ГМО в странах Евразийского Экономического Союза.....	116
3. СОВРЕМЕННЫЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА	120
Думачева Е.В., Чернявских В.И.	
Подготовка кадров высшей квалификации по специальности «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: основные вызовы и задачи	120
Исакова С.В., Цаценко А.В.	
Низкая уборочная влажность зерна кукурузы как ценный признак при отборе родительских линий	127
Позднякова А.В., Гончаров С.В., Береговская Е.Ю.	
Использование антоциановой окраски подсолнечника в селекции и семеноводстве	130
Туманьян Н.Г.	
Влияние «черной пятнистости» зерна риса на выход и качество крупы ...	133
Чернявских В.И., Думачева Е.В.	
Кормовая база пчеловодства и диких опылителей в агроландшафтах Юга среднерусской возвышенности.	137
Чижикова С.С., Ольховая К.К.	
Изменчивость сортов риса по содержанию белка в шелушенном и шлифованном зерне риса	142
4. ГЛОБАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	146
Замотайлов А.С., Хомицкий Е.Е., Бондаренко А.С., Белый А.И.	
Многолетние изменения структурных характеристик карабидокомплекса (Coleoptera, Carabidae) Краснодарского края как реакция на глобальные изменения климата.....	146
5. АДАПТИВНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ ПОСЕВОВ	149

Чуйко Д.В.

Действие РРР на урожайность семеноводческих линий подсолнечника и экспериментальных гибридов F₁ на их основе..... 149

6. СТРАТЕГИЯ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ И АГРОЛАНДШАФТОВ 152

Гриц Н.В., Диченский А.В., Харитонов С.С.

Применение программ статистической обработки данных при конструировании адаптивных агроландшафтов 152

Линьков В.В.

Высокотехнологичные способы формирования рациональной поливовой смеси однолетних кормовых культур..... 156

7. ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ «ЦЕНЫ» ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЯ 160

Захаренко В.А.

Особенности использования экономических порогов целесообразности применения гербицидов в рыночной экономике..... 160

Жученко А.А. мл.

Глоссарий терминов и положений академика А.А. Жученко в теории и практике адаптивной селекции растений 166

Научное издание

Коллектив авторов

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АДАПТИВНОЙ
СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ
(ЖУЧЕНКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ VI)**

Сборник научных трудов

Тезисы представлены в авторской редакции

Компьютерная верстка – С. Е. Колесник, А. А. Радина

Дизайн обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 17.05.2021. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Тираж 300 экз. Заказ № 153

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13