

ISSN 2075-4221

Аграрный вестник Юго-Востока

Всероссийский
научно-практический журнал

№ 1-2
(14-15),
2016



Доктор с.-х. наук
А.П. Шехурдин
22.03.1886 —
02.03.1951

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ «АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК ЮГО-ВОСТОКА»

Цели издания журнала:

- публикация результатов научно-исследовательских работ, теоретических и экспериментальных исследований, выполняемых в научно-исследовательских институтах сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук, в учреждениях Академии наук Российской Федерации, на предприятиях, высших учебных заведениях, в российских организациях и за рубежом, а также результатов исследований, выполненных по личной инициативе авторов;
- публикация статей, освещающих современное состояние отдельных проблем и достижения сельскохозяйственной науки;
- публикация материалов научных конференций, симпозиумов, совещаний и информации о российских и зарубежных научных школах;
- освещение результатов внедрения в производство научных работ, передового отечественного и зарубежного опыта.

Рекомендуемые научные направления статей для опубликования в журнале: селекция и семеноводство, защита растений, технологии, земледелие, механизация, почвоведение, экология, животноводство, экономика и др.

В научно-практическом журнале «Аграрный вестник Юго-Востока» публикуются оригинальные и научно-практические статьи (экспериментальные, методические, рекомендательные), аналитические обзоры, рецензии, хроники, персоналии, интервью и другая информация, в том числе рекламного характера.

В статье необходимо кратко изложить состояние дел по изучаемой проблеме со ссылками на публикации. В экспериментальных статьях должны быть указаны: цели, задачи, условия и методы исследований; подробно представлены результаты экспериментов и их анализ; сделаны выводы и даны предложения производству. В статье следует по возможности выделять следующие блоки: введение; цель и задачи исследований; условия, материалы и методы исследований; результаты исследований; выводы.

К статье прилагаются: перевод названия на английском языке, аннотация на русском и английском языке, ключевые слова на рус-

ском и английском языке, код УДК, библиографический список. В тексте ссылка на источник отмечается соответствующей цифрой в квадратных скобках. В списке литературы приводятся только те источники, на которые есть ссылка в тексте. Использование цитат без указания источника информации запрещается.

Объем публикации 5...11 страниц.

Требования к текстам:

Файл представляется только в форматах *.doc или *.rtf.

Текст набирается шрифтами Times или Arial, 14-м кеглем, без абзацных отступов и переносов, с полуторным интервалом.

Таблицы разрешается выполнять в Word`e или Excel`e, инфографику – в Excel`e.

Фотографии представляются в формате *.jpg, разрешение для черно-белых – 200 dpi, для цветных – 300 dpi.

Статьи необходимо направлять с сопроводительным письмом, с указанием сведений об авторах (фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, место работы и занимаемая должность) на русском и английском языке, с контактными телефонами и адресами электронной почты для обратной связи.

В случае невозможности перевода на английский язык требуемой информации перевод осуществляет редакция журнала.

Один экземпляр рукописи, подписанный авторами, и статью в электронном виде нужно отправлять по адресу: **410010 г. Саратов, ул. Тулайкова, 7, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» ФАНО России, журнал «Аграрный вестник Юго-Востока».**

Для ускорения выхода в свет материалы для публикации и сведения об авторах в электронном виде можно направлять по адресу: **raiser_saratov@mail.ru**

Сайт журнала: **www.arisarsar.ru**

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

Несоответствие статьи по одному из перечисленных пунктов может служить основанием для отказа в публикации.

Все рукописи, содержащие сведения о результатах научных исследований, рецензируются, по итогам рецензирования принимается решение о целесообразности опубликования материалов.

ISSN 2075-4221

Учредитель –
ФГБНУ «НИИСХ
Юго-Востока»

Главный редактор

Прянишников Александр Иванович

Заместитель главного редактора

Шабает Анатолий Иванович

Ответственный секретарь

Чернева Ирина Николаевна

Редакционная коллегия

Бебякин Василий Михайлович

Беляков Александр Михайлович

Вислобокова Людмила Николаевна

Глуховцев Владимир Всеволодович

Голубев Алексей Валерианович

Джунельбаев Есен Тлеубаевич

Крупнов Василий Ананьевич

Курдюков Юрий Федорович

Медведев Иван Филиппович

Михайлин Николай Васильевич

Немцев Сергей Николаевич

Румянцев Александр Васильевич

Сибикеев Сергей Николаевич

Смирнов Александр Алексеевич

Шевченко Сергей Николаевич

Эльконин Лев Александрович

Верстка

Игудин Анатолий Игоревич

Литературная редакция

Рязанов Владимир Васильевич

Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский
институт сельского хозяйства
Юго-Востока» ФАНО России
410010 г. Саратов, ул. Тулайкова, 7
Тел./факс (8452) 64-76-88
E-mail: raiser_saratov@mail.ru
Сайт: arisersar.ru

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации

ПИН № ФС77-37747 от 7 октября 2009 г.

Отпечатано в типографии ООО «Ракурс»
410012 Саратов, ул. Ак. Навашина, 40/1,
кв. 58. Тираж 400 экз. Заказ

СОДЕРЖАНИЕ

Колонка главного редактора.....	3	МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР	
К 50-ЛЕТИЮ ВОГИС		Н. Б. БРАЧ, Е. А. ПОРОХОВИНОВА,	
Л. А. ЭЛЬКОНИН К 50-летию		Т. В. ШЕЛЕНГА Перспективы создания	
Саратовского отделения Вавиловского		сортов масличного льна	
общества генетиков и селекционеров.....	7	специализированного назначения.....	50
А. И. ПРЯНИШНИКОВ, И. В. САВЧЕНКО,		Е. Л. АНДРОНИК, М. Е. МАСЛИНСКАЯ,	
С. В. ЛЯЩЕВА, Т. Б. КУЛЕВАТОВА		Е. В. ИВАНОВА Достижения в селекции	
Адаптивная селекция: приоритеты,		масличного льна в Республике	
достижения и задачи в условиях		Беларусь.....	53
нарастающей конкуренции.....	11	А. А. ДОРОГОБЕД Сортоиспытание льна	
Р. Г. САЙФУЛЛИН, Г. А. БЕКЕТОВА,		масличного в условиях Саратовской	
Т. Ш. МУСТАФИНА		области.....	55
Алексей Павлович Шехурдин		Т. А. РОЖМИНА, А. А. ЖУЧЕНКО, м.л.,	
(к 130-летию со дня рождения).....	14	В. П. ПОНАЖЕВ, И. А. КУЗЕМКИН	
СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО		Специализированные сорта и	
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР		инновационные приемы производства	
В. А. КРУПНОВ Стратегия и технология		масличного льна.....	56
селекции пшеницы на расоспецифическую		Н. В. КОРОБАН, Н. В. МЕЛЬНИКОВА,	
устойчивость к листовой ржавчине		Н. Л. БОЛЬШЕВА, Г. С. КРАСНОВ,	
в Поволжье.....	22	М. С. БЕЛЕНИКИН, А. С. СПЕРАНСКАЯ,	
С. Н. ГАПОНОВ, В. М. ПОПОВА,		А. А. КРИНИЦЫНА, О. В. МУРАВЕНКО,	
Г. И. ШУТАРЕВА, Н. М. ЦЕТВА,		А. В. КУДРЯВЦЕВА, А. А. ДМИТРИЕВ	
Т. М. ПАРШИКОВА, С. А. ЩУКИН		Дифференциальная экспрессия генов	
Проблема «черного зародыша» и		у растений льна при выращивании	
особенности технологии возделывания		в условиях дисбаланса элементов	
яровой твердой пшеницы.....	27	питания.....	60
В. Д. ВАСИЛЕВСКИЙ, Ю. В. ФРИЗЕН		Н. В. МЕЛЬНИКОВА, А. В. КУДРЯВЦЕВА,	
Влияние генотипа и срока посева на		Н. Л. БОЛЬШЕВА, А. С. СПЕРАНСКАЯ,	
посевные качества и морфофизиологи-		А. А. КРИНИЦЫНА, Т. А. РОЖМИНА,	
ческие параметры проростков семян		Н. В. КИШЛЯН, О. В. МУРАВЕНКО,	
твердой яровой пшеницы в южной		М. С. БЕЛЕНИКИН, А. А. ДМИТРИЕВ	
лесостепи Западной Сибири.....	29	Высокопроизводительные методы	
В. Ф. ПИМАХИН, В. М. ЛЕКАРЕВ,		секвенирования для молекулярной оценки	
А. Ю. БУЕНКОВ, С. П. КУДРЯШОВ		реакции генотипов льна на стрессовые	
Исходный материал для селекции		факторы среды.....	63
гибридов подсолнечника в Поволжье.....	32	С. Н. МАСЛЕННИКОВА,	
Н. Н. НУЖДИНА, Т. Я. ЕРМОЛАЕВА,		С. Д. КАРАКОТОВ, Е. В. ЖЕЛТОВА,	
Т. Б. КУЛЕВАТОВА, Л. В. АНДРЕЕВА,		К. Н. БОЖКО Скрининг фунгицидных	
Л. Н. ЗЛОБИНА Результаты изучения		протравителей для защиты льна от	
качества зерна сортов озимой ржи.....	35	антракноза.....	65
А. В. ПОМИНОВ, Т. И. ДЬЯЧУК,		Н. А. КУДРЯВЦЕВ, Л. А. ЗАЙЦЕВА,	
И. А. КИБКАЛО, О. В. ХОМЯКОВА,		Л. М. ЗАХАРОВА, В. Н. ЛАЗАРЕВ,	
В. Н. АКНИНИНА Оценка		Е. В. КОВАЛЕНКО Инкрустирование	
засухоустойчивости растений		семян – важнейший фактор получения	
сортообразцов тритикале мировой		гарантированного урожая льна	
коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова.....	38	масличного.....	66
С. А. БЕКУЗАРОВА, В. И. ГАСИЕВ		Е. П. МЕЛЕШКИНА Научный подход	
Основы фитоценотической селекции		к переработке семян льна на основе	
бобовых трав.....	41	использования их фитохимического	
РАСТЕНИЕВОДСТВО		потенциала с целью создания новых	
А. И. ШАБАЕВ, Н. М. СОКОЛОВ,		пищевых продуктов с заданными	
Н. М. ЖОЛИНСКИЙ Агроэкологическая		свойствами.....	68
эффективность инновационных		Н. В. БАРСУКОВА, О. Ю. ТЫРЛОВА	
технологий в склоновых		Использование льняной муки	
агрорландшафтах.....	43	в производстве кулинарных изделий	
Т. М. ЯРОШЕНКО, Д. Ю. ЖУРАВЛЕВ,		специализированного назначения.....	71
Н. Ф. ЛИМОВА, Е. В. НАУМОВ,		АГРАРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
М. М. ВАСИЛЬЕВ, О. Ф. ПЕТРОВ		О. В. МОРОЗОВА Организация	
Влияние плазменного облучения на		зарубежных сельскохозяйственных	
прорастание семян зерновых культур		стажировок в аграрных вузах.....	75
в засушливых условиях.....	46		

Agrarian Reporter of South-East

№ 1-2 (14-15)
2016

All-Russian
Scientific and Practical
Magazine

ISSN 2075-4221

Founder –
Federal State-Financed
Scientific Institution
«Agricultural research institute
for South-East Regions»

Chief editor
Pryanishnikov Alexander Ivanovich

Deputy chief editor
Shabaev Anatoly Ivanovich

Responsible secretary
Cherneva Irina Nikolaevna

Editorial board
Bebyakin Vasily Mikhailovich
Belyakov Alexander Mikhailovich
Dzhunelbaev Esen Tleubayevich
Elkonin Lev Alexandrovich
Glukhovtsev Vladimir Vsevolodovich
Golubev Aleksey Valerianovich
Krupnov Vasily Ananievich
Kurdyukov Yury Fedorovich
Medvedev Ivan Philippovich
Mikhailin Nikolay Vasilievich
Nemtsev Sergey Nikolaevich
Rumyantsev Alexander Vasilievich
Shevchenko Sergey Nikolaevich
Sibikeyev Sergey Nikolaevich
Smirnov Alexander Alekseyevich
Vislobokova Lyudmila Nikolaevna

Make-up
Igudin Anatoly Igorevich

Literary version
Ryazanov Vladimir Vasilievich

Federal State-Financed
Scientific Institution
«Agricultural research institute
for South-East Regions»
Russia, 410010 Saratov,
Tulaikova str., 7
Tel./fax: 007 8452 64 76 88
E-mail: raiser_saratov@mail.ru
Сайт: arisersar.ru

CONTENTS

Chief Editor's Column.....	3	germination of cereal crops in arid conditions	46
TO THE 50TH ANNIVERSARY OF VAVILOV SOCIETY OF GENETICISTS AND BREEDERS		INTERNATIONAL WORKSHOP	
L. A. ELKONIN To the 50th anniversary of Saratov department of Vavilov society of geneticists and breeders.....	7	N. B. BRUTCH, E. A. PORKHOVINOVA, T. V. SHELENGA Perspectives of the creation of oil flax varieties for the specialized purpose.....	50
A.I. PRYANISHNIKOV, I. V. SAVCHENKO, S.V. LYASHCHEVA, T.B. KULEVATOVA Adaptive breeding: priorities, achievements and tasks under the conditions of increasing competition.....	11	E. L. ANDRONIK, M. E. MASLINSKAYA, E. V. IVANOVA Achievements in breeding of oil flax in the Republic Belarus.....	53
R. G. SAYFULLIN, G. A. BEKETOVA, T. S. MUSTAFINA Alexey Pavlovich Shekhurdin (to the 130th Anniversary of the birth).....	14	A.A. DOROGOBEED Strain test of oil flax in conditions of the Saratov region.....	55
BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS		T. A. ROZHMINA, A. A. ZHUCHENKO, jr, V. P. PONAZHEV, I. A. KYSEMKN Specialized varieties and innovative production techniques of oil flax	56
V. A. KRUPNOV Strategy and technology of wheat breeding for race-specific leaf rust resistance in the Volga region.....	22	N. V. KOROBAN, N. V. MELNIKOVA, N. L. BOLLSHEVA, G. S. KRASNOV, M. S. BELENIKIN, A. S. SPERANSKAYA, A. A. KRINITSINA, O. V. MURAVENKO, A. V. KUDRYAVTSEVA, A. A. DMITRIEV Differential expression of genes in flax plants for cultivation under out-of-balance conditions of nutrition elements.....	60
S. N. GAPONOV, V. M. POPOVA, G. I. SHUTAREVA, N. M. TSETVA, T. M. PARSHIKOVA, S. A. SHCHUKIN The problem of «glume mold» and specific characteristic of cultivation technology of spring durum wheat.....	27	N. V. MELNIKOVA, A. V. KUDRYAVTSEVA, N. L. BOLLSHEVA, A. S. SPERANSKAYA, A. A. KRINITSYNA, T. A. ROZHMINA, N. V. KISHLYAN, O. V. MURAVENKO, M. S. BELENIKIN, A. A. DMITRIEV High-throughput sequencing methods for molecular evaluation of response of flax genotypes to stressful environmental factors	63
V. D. VASILEVSKY, Y. V. FRIZEN Influence of genotype and sowing date on sowing properties and morphophysiological parameters of seedlings of hard spring wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia.....	29	S. N. MASLENNIKOVA, S. D. KARAKOTOV, E. V. ZHELTOVA, K. N. BOZHKO Screening of fungicide protectants for the protection of flax from anthracnose	65
V. F. PIMAKHIN, V. M. LEKAREV, A. Y. BUENKOV, S. P. KUDRYASHOV The basic material for breeding of sunflower hybrids in the Volga Region.....	32	N. A. KUDRYAVTSEV, L. A. ZAYTSEVA, L. M. ZAKHAROVA, V. N. LAZAREV, E. V. KOVALENKO Seed encrustment – the most important factor for the warranted harvest of oil flax	66
N. N. NUZHIDINA, T. Y. YERMOLAEVA, T. B. KULEVATOVA, L. V. ANDREEVA, L. N. ZLOBINA Research results of grain quality of winter ruttishness varieties.....	35	E. P. MELESHKINA The scientific approach to flax seeds processing based on the use of their phytochemical potential for creating of new food products with desired properties.....	68
A. V. POMINOV, T. I. DYATCHOUK, I. A. KIBKALO, O. V. KHOMYAKOVA, V. N. AKININA Evaluation of drought resistance plants of varieties samples of triticale from world collection of all-union research institute of plant breeding named after Vavilov N.I.....	38	N. V. BARSUKOVA, O. Y. TYRLOVA Use of flax flour in the production of ready-to-serve foods for specialized purpose.....	71
S. A. BEKUZAROVA, V. I. GASIEV Bases of phytocenotic breeding of leguminose grasses.....	41	AGRICULTURAL EDUCATION	
CROP SCIENCE		O. V. MOROZOVA Organization of international agricultural internships in agrarian universities.....	75
A. I. SHABAEV, N. M. SOKOLOV, N. M. ZHOLINSKY Agro-ecological effectiveness of innovative technologies in scope cultivated lands	43		
T. M. YAROSHENKO, D. Y. ZHURAVLEV, N. F. KLIMOVA, E. V. NAUMOV, M. M. VASILYEV, O. F. PETROV The influence of plasma exposure on seed			

Уважаемые коллеги!

В этом году исполняется 50 лет Вавиловскому обществу генетиков и селекционеров (ВОГиС), ранее – Всесоюзное общество генетиков и селекционеров имени Н. И. Вавилова.

К этому важному событию в научной жизни России приурочена юбилейная международная конференция «50 лет ВОГиС: успехи и перспективы». Предварит конференцию выездное заседание президиума центрального совета ВОГиС, которое пройдет в Саратове 4–5 августа в рамках ежегодного агрофорума «Саратов–Агро. День Поля». Наш институт среди организаторов этого мероприятия, проведение которого поддержали РАН и ФАНО России, правительство Саратовской области, ряд других организаций. Приглашаю читателей и авторов журнала посетить это высокое научное собрание.

В повестке заседания – обсуждение актуальных проблем развития отечественной генетики и селекции. Работа на местах по подведению итогов полувековой работы, определение приоритетов НИР, способов достижения поставленных целей в условиях реформы академической науки идет полным ходом. Разумеется, не осталась в стороне и Саратовское отделение ВОГиС (в прошлом Поволжское отделение). Саратовским ученым есть что предъявить научной общественности – за этот временной период они добились достойных научных результатов. Своего рода обобщением одоленной работы является блок статей, открывающий очередную номер журнала.

Красной нитью в этих публикациях проходит мысль – научная состоятельность, высокая результативность, инновационность стали возможными благодаря наличию в Саратове крупных научных школ в области генетики и селекции, созданных в свое время корифеями отечественной сельскохозяйственной науки – Н. И. Вавиловым и Г. К. Мейстером. Научные направления и традиции, заложенные основателями, были сохранены и приумножены их учениками и последователями, несмотря на политические репрессии и гонения, которым подвергалась генетика и ее представители в известный исторический период.

В этом почетном ряду отцов-основателей стоит и фамилия выдающегося селекционера – Алексея Павловича Шехурдина, чьи достижения вошли в сокровищницу отечественной и мировой селекции. В этом году отмечается 130-летие со дня рождения ученого, научная деятельность и уникальное селекционное наследие которого связаны с нашим институтом. Подробнее об этом вы прочитаете в статье, помещенной в первом блоке журнальных публикаций.

Значительная часть журнальной площади отдана под материалы, посвященные итогам международного семинара

по производству и переработке льна, который состоялся в Саратове на базе НИИСХ Юго-Востока в начале этого года.

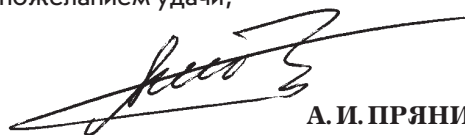
Целью семинара явилась разработка комплексной программы получения новых видов высококонкурентоспособной продукции пищевого, лечебно-профилактического и промышленного назначения из льна в условиях Саратовской области. В ходе семинара были рассмотрены достижения в селекции масличного льна в Российской Федерации, биологический потенциал масличного льна и инновационные приемы его производства, а также роль льна в сохранении здоровья человека. Настоятельно рекомендую познакомиться с подборкой статей по данной проблематике.

Уважаемые коллеги, вашему вниманию в очередном номере также предложены статьи по различным направлениям сельскохозяйственной науки с акцентом на специфические природно-климатические условия засушливого Юго-Востока страны. К сожалению, помимо природного фактора, работу коллектива ученых НИИСХ Юго-Востока в последние годы осложняет и ставит под угрозу само существование старейшего НИИ продолжающийся обвальная захват земельного фонда института, расположенного в городской черте Саратова.

Свое негативное отношение к подобному рода действиям, игнорирующим законные интересы науки, наши предложения по выходу из сложившейся тупиковой ситуации мы не раз озвучивали публично, в том числе и на полосах федеральных газет «Сельская жизнь» и «Российская газета». Однако, наши инициативы по сбалансированному решению вопроса не были услышаны и не стали предметом непредвзятого обсуждения как в федеральных структурах, так на региональном и муниципальном уровне. Более того, по мере истечения срока моратория на использование имущественного комплекса РАН, объявленного Президентом России В. В. Путиным, ситуация в Саратове обострилась до предела.

Отстаивая интересы науки и аграрного производства, мы вынуждены были начать публичную бессрочную интернет-акцию «Спасите поля НИИСХ Юго-Востока». Свое отношение к происходящему вы можете высказать, используя интернет-ресурс: www.change.org. Для нас очень важно ваше мнение. Надеемся, на Ваше понимание и поддержку!

С пожеланием удачи,



А. И. ПРЯНИШНИКОВ,
директор НИИСХ Юго-Востока

Дорогие друзья, коллеги!

Текущий год – юбилейный для региона. Год хлебороба, год 80-летия Саратовской губернии ознаменован еще одной датой. Мы отмечаем на Саратовской земле полувековой юбилей Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС).

Имя Н.И. Вавилова неразрывно связано с Саратовом. Здесь в 1920 г. на III Всероссийском селекционном съезде он выступил с сенсационным, основополагающим докладом «Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости», ставшим «Законом Менделеева для селекционеров. К глубокому сожалению, жизнь выдающегося ученого также трагически оборвалась в Саратове. В Саратове многое сделано по увековечиванию памяти Н.И. Вавилова. Здесь одним из первых было учреждено региональное отделение ВОГиС, неоднократно проводились заседания президиума и центрального совета общества, с лекциями выступали выдающиеся ученые: генетики, селекционеры, растениеводы.

Наш регион можно смело назвать крупным инновационным центром аграрной науки и образования –



НИИСХ Юго-Востока, СГАУ им. Н.И. Вавилова, СГУ им. Н.Г. Чернышевского, ИБФРиМ, «Россорго», Краснокутская СОС, Ершовская ОСОЗ входят в число ведущих научных учреждений России. Благодаря активной работе общества в Саратове сформировались научные школы, новые направления исследований. Теоретические подходы к селекции, разработанные нашими учеными, позволили создать выдающиеся сорта сельскохозяйственных культур. Саратовскими сортами засеяно более двух третей всей пашни губернии. Производство сельскохозяйственной

продукции – динамично развивающаяся отрасль экономики региона. Мы можем рассчитывать на серьезные успехи в АПК, широко внедряя в производство инновационные разработки наших ученых!

Приветствую всех участников конференции, аграрного форума «Саратов-Агро»!

Поздравляю всех с юбилеем!

В.В. РАДАЕВ,
губернатор Саратовской области

Уважаемые коллеги!

В 2016 году научная общественность отмечает полувековой юбилей Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС) – в прошлом Всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Николая Ивановича Вавилова. Создание этой общественной организации ознаменовало собой период возрождения генетики в СССР и объединило ученых: генетиков и селекционеров всей страны.

Одним из первых было учреждено Саратовское отделение ВОГиС, организации которого способствовала активная деятельность заведующего кафедрой генетики Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского профессора С.С. Хохлова, ставшего первым председателем отделения. Деятельность научных школ Саратова определила основные направления развития исследований в области генетики в Поволжье и внесла неоценимый вклад в общее развитие фундаментальной и прикладной науки.

Использование современных методов биотехнологии и генетики привело к созданию качественно новых сортов ржи, пшеницы, тритикале, проса, сорго, подсолнеч-



ника и способствовало оптимизации селекционного процесса. За исторический период были созданы сотни высокоадаптивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, значительная часть российской пашни сегодня засеивается ими. Это способствует устойчивому ведению сельскохозяйственного производства и решению проблемы обеспечения продовольственной безопасности страны в целом.

По поручению руководства Федерального агентства научных организаций России, от себя лично поздравляю всех с юбилеем! Убеждены, что в период реформирования Академии наук и научных организаций Вавиловское общество генетиков и селекционеров, выполняя координирующие и интегрирующие функции, будет способствовать эффективному развитию отечественной генетики и селекции!

В.А. БАГИРОВ,
начальник управления координации и обеспечения
деятельности организаций в сфере
сельскохозяйственных наук **ФАНО** России,
доктор биологических наук,
профессор, член-корреспондент **РАН**

Дорогие участники пленума центрального совета ВОГиС и Всероссийской конференции «Новые парадигмы в селекции растений на устойчивость к стрессовым факторам и качество растениеводческой продукции»!

В 2016 году заседание центрального совета ВОГиС проходит в Саратове – городе, где начал свой научный путь Николай Иванович Вавилов и где его жизнь трагически оборвалась в 1943 году. Сегодня Саратовская область – один из крупнейших сельскохозяйственных и селекционных центров, входящий в десятку крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации. Динамичное развитие сельского хозяйства в нашей стране сталкивается со многими вызовами, одним из которых является выведение сортов сельскохозяйственных растений, устойчивых к различным стрессовым факторам. Для решения этой глобальной задачи необходимы совместные усилия как специалистов в области генетики



и селекции, так и работников агропромышленного комплекса. Вавиловское общество генетиков и селекционеров видит одной из своих стратегических задач содействие интеграции науки и производства. Можно надеяться, что совместное проведение пленума центрального совета ВОГиС, комплексного агропромышленного форума «Саратов-Агро» и Всероссийской конференции «Новые парадигмы в селекции растений на устойчивость к стрессовым факторам и качество растениеводческой продукции» 3–5 августа 2016 будет способствовать этому процессу и по-

служит площадкой для плодотворного и содержательного общения, направленного на обсуждение полученных результатов, проблем и перспектив ведущими специалистами в области генетики, селекции и сельского хозяйства!

И. А. ТИХОНОВИЧ,
президент ВОГиС, академик

УДК 575 (091)

К 50-летию Саратовского отделения Вавиловского общества генетиков и селекционеров

To the 50th anniversary of Saratov department of Vavilov society of geneticists and breeders

Л. А. ЭЛЬКОНИН,
ФГБНУ «НИИСХ
Юго-Востока»,
г. Саратов
e-mail: lelkonin@gmail.com

L. A. ELKONIN,
Federal State Government-
Funded Scientific Institution
«Agricultural Research Institute
of South-East Region», Saratov
e-mail: lelkonin@gmail.com

В статье кратко представлены наиболее значимые научные результаты работы генетиков и селекционеров Саратовского отделения Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГИС), основанного в 1966 году благодаря активной деятельности профессора С. С. Хохлова, заведующего кафедрой генетики и дарвинизма Саратовского государственного университета, ставшего первым председателем отделения, и профессора В. А. Крупнова, заведующего лабораторией генетики и цитологии НИИСХ Юго-Востока. За 50 лет работы было создано более 200 сортов и гибридов важнейших сельскохозяйственных культур — пшеницы, подсолнечника, проса и др. Разработаны методы регенерации растений в культуре тканей злаков, получения гаплоидов *in vivo* и в культуре *in vitro*, трансгенных растений. Созданы сорта пшеницы с транслокациями, несущими гены устойчивости к патогенам. Изучены закономерности восстановления фертильности в новых типах ЦМС сорго.

Ключевые слова: генетика сельскохозяйственных растений, селекция, сельскохозяйственная биотехнология.

The most important scientific work results of geneticists and breeders of Saratov department of Vavilov society of geneticists and breeders (VSGaB), which was founded in 1966 thanks to active endeavours of professor S.S. Khokhlov, head of the Department of Genetics and Darwinism of Saratov state university, who was the first chairman of department and V.A. Krupnov, head of laboratory of Genetics and Cytology of Agricultural Research Institute of South-East Region, are briefly introduced.

*More than 200 varieties and hybrids of the most important agricultural crops — wheat, sunflower, millet and others were created over 50 years of work. Methods of plant regeneration in grain tissue culture, methods of *in vivo* and *in vitro* culture of transgenic plants are developed. Varieties of wheat with translocations, which have resistance*

genes to pathogens, are created. Patterns of fertility recuperation in the new types of cytoplasmic male sterility of sorghum are considered.

Key words: genetics of agricultural plants, breeding, agricultural biotechnology.

Саратовское (ранее – Поволжское) отделение Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова было организовано в 1966 году и явилось одним из первых региональных отделений этого общества, реорганизованного в 1992 году в Вавиловское общество генетиков и селекционеров (ВОГИС).

В соответствии с уставом предметом деятельности ВОГИС является содействие членам ВОГИС в организации исследований, повышении квалификации, реализации результатов научных работ, интеграции генетиков и селекционеров, работающих в научных учреждениях разных ведомств, а также популяризация и пропаганда знаний и новейших достижений в области генетики и селекции, содействие преподаванию вопросов генетики и селекции в высшей и средней школе, содействие сохранению генофонда человека, домашних и диких животных, культурных и дикорастущих растений, организация и проведение научных конгрессов, конференций, симпозиумов, семинаров и выставок.

Как известно, основоположником генетических исследований в Саратове был сам Н. И. Вавилов в период его работы в качестве профессора кафедры агрономии Саратовского сельскохозяйственного института. Это обстоятельство накладывает особую ответственность на всех его последователей, которые трудятся в лабораториях и на полях НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского, Саратовского аграрного университета им. Н. И. Вавилова, Института сорго и кукурузы (ФГБНУ РосНИИСХ «Россорго»), Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, сотрудники которых входят в состав Саратовского отделения ВОГИС.

Организации Саратовского отделения ВОГИС способствовала активная позиция профессора С. С. Хохлова, заведующего кафедрой генетики и дарвинизма Саратовского государственного университета, ставшего первым председателем отделения, и профессора В. А. Крупнова, заведующего лабораторией генетики и цитологии НИИСХ Юго-Востока, возглавившего отделение после скоропостижной кончины С. С. Хохлова в 1974 году. Именно деятельность научных школ С. С. Хохлова и В. А. Крупнова определила основные направле-



Участники I съезда ВОГИС.

ния развития генетических исследований в Саратове: изучение апомиксиса и гаплоидии у растений и частная генетика и цитогенетика пшеницы. Кроме того, значительный вклад в развитие генетических и селекционных исследований в Саратове внесли селекционеры НИИСХ Юго-Востока и Саратовского сельскохозяйственного института (ныне Саратовского аграрного университета): д. с.-х. н. Н. С. Васильчук, д. с.-х. н. В. Ф. Пимахин, к. с.-х. н. А. Г. Ишин, д. с.-х. н. В. А. Ильин и многие другие.

Следует отметить, что направление исследований саратовских генетиков и селекционеров в значительной степени корректировала сама природа, условия Нижне-Волжского региона, отличающиеся частыми и продолжительными засухами, нередко полностью уничтожавшими урожай, а также эпифитотиями листовой ржавчины и других патогенов. В этой связи внимание исследователей было обращено на создание сортов и гибридов, отличавшихся высокой засухоустойчивостью, устойчивостью к патогенам, генетическое исследование и введение в сельскохозяйственный оборот культур, отличавшихся высокой природной засухоустойчивостью.

За 50 лет работы члены Саратовского отделения ВОГИС внесли существенный вклад в развитие этих направлений генетики и селекции. За этот период было создано более 200 сортов и гибридов важнейших сельскохозяйственных культур – мягкой и твердой пшеницы, ржи, подсолнечника, проса, кукурузы, сорго, тритикале. На сегодняшний день сорта сельскохозяйственных культур, выведенные в Саратове, высеваются на площади почти 30 млн га (каждый 10-й гектар пашни России); их создание явилось существенным вкладом в продовольственную безопасность нашей страны. К числу наиболее значимых достижений последних лет следует отнести сорта яровой мягкой пшеницы Фаворит, Воевода и Лебедушка, которые содержат чужеродный генетический материал (6Ag1 хромосому пырея промежуточного), обладают высокой адаптивностью и устойчивостью к абио- и биострессорам; сорт яровой твердой пшеницы Саратовская золотистая, отличающийся исключительно высоким содержанием каротиноидов; высокопродуктивные сорта озимой ржи Саратовская-7 и Марусенька, озимой пшеницы – Губерния, Жемчужина Поволжья, Калач; сорт яровой мягкой

пшеницы Саратовская-73, сочетающий толерантность к бурой ржавчине и мучнистой росе с устойчивостью к пыльной головне, высокой урожайностью и содержанием сырой клейковины; сорта проса Ильиновское, защищенное от пыльной головни эффективным геном *Sph2*, и Саратовское-10 с более коротким, чем у других сортов, периодом вегетации.

В лаборатории генетики и цитологии Саратовского госуниверситета им. Н. Г. Чернышевского под руководством д. б. н. В. С. Тырнова проводились интенсивные исследования генетических закономерностей возникновения матроклиных и андрогенных гаплоидов у кукурузы [1, 2]. В результате исследований была разработана высокоэффективная технология массового получения гаплоидов у кукурузы для селекционных целей [3, 4]. Созданы линии-гаплоиндукторы, пыльца которых содержит аномальные спермии, не способные к оплодотворению [5]. Использование таких линий в качестве

отцовских родителей приводит к образованию в первом поколении гаплоидов с очень высокой частотой. Более легкой диагностике гаплоидов способствовало введение в линии-гаплоиндукторы доминантных маркерных генов окраски зародыша, корней и стебля. Разработанная технология получила высокую оценку специалистов, лицензия на нее была куплена в 1998 году одной из семеноводческих фирм Франции.

Создана линия кукурузы с высокой частотой гаплоидного партеногенеза (до 100%) [6, 7]. В результате анализа потомства самоопыленных андрогенных гаплоидов было впервые установлено, что чужеродная цитоплазма является индуктором наследственной изменчивости (парамутаций) у кукурузы [8].

В СГУ и в дальнейшем в НИИСХ Юго-Востока проводились интенсивные исследования по разработке методов получения гаплоидов в культуре пыльников и исследованию генетических закономерностей этого процесса. Впервые в СССР были получены гаплоидные растения в культуре пыльников табака и перца, затем пшеницы и тритикале [9–11]. Технология получения гаплоидов и дигаплоидных линий пшеницы в культуре пыльников в дальнейшем была усовершенствована и стала использоваться в практической селекции [12], в результате чего впервые в России в лаборатории клеточной селекции НИИСХ Юго-Востока был создан сорт яровой мягкой пшеницы гаплоидного происхождения Саратовская-64 [13]. На основе удвоенных гаплоидов создан исходный материал для селекции тритикале на хлебопекарные цели и впервые в России выведен «биотехнологический» сорт тритикале Святозар.

Установлена роль *Rht*-генов в культуре тканей мягкой и твердой пшеницы. Показано, что линии, содержащие ген *Rht-1b1c*, обладают высоким морфогенетическим потенциалом на гаплоидном и диплоидном уровнях и характеризуются повышенной частотой индукции андрогенетических структур и регенерации растений в культуре пыльников. Ген *Rht-1b1b* достоверно увеличивает выход регенерантов, а ген *Rht-14* оказывает отрицательное влияние на выход андрогенных структур [14].

Впервые в СССР и одновременно рядом зарубежных лабораторий был разработан подход для получения каллус-

ных культур со стабильной регенерационной способностью у важнейших видов злаков – пшеницы, ячменя, сорго – важнейшего этапа, необходимого для использования системы культуры *in vitro* в работах по генетической модификации злаков [15, 16]. У сорго из культуры тканей впервые получена линия с активным ДНК-транспозоном, характеризовавшаяся множественной генетической нестабильностью: мутациями мужской стерильности, пестролистности, низкорослости, безостости и др. [17], а также линии с доминантной мужской стерильностью, полученной в результате взаимодействия генома фертильной линии сорго с индуцированной в культуре тканей мутацией мужской стерильности [18].

На основе агробактериальной трансформации в культуре *in vitro* в НИИСХ Юго-Востока получены трансгенные линии сорго с улучшенной перевариваемостью белков зерна (кафиринов) и, соответственно, с более высокой питательной ценностью [19].

Разработан принципиально новый подход для получения трансгенных растений у сорго и кукурузы на основе агробактериальной трансформации в условиях *in planta*, путем инокуляции цветущих метелок или пестичных нитей [20, 21].

Сотрудниками лаборатории генетики и цитологии НИИСХ Юго-Востока совместно с сотрудниками Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН в геноме мягкой пшеницы идентифицированы чужеродные хромосомы и транслокации: 3Ag^e(3D), 3Ag^e(3B), 7Ag^e-7D, 2D-2SS [22]. Проводятся исследования хромосом пшеницы промежуточного 6Agⁱ и 6Ag², которые определяют устойчивость к комплексу заболеваний [23]. На почти изогенных линиях мягкой пшеницы изучено влияние комбинаций чужеродных транслокаций с генами устойчивости к листовой ржавчине *Lr19+Lr9*, *Lr19+Lr24*, *Lr19+Lr25*, *Lr19+Lr26*, *Lr19+Lr37* на агрономически важные признаки, продуктивность и качество зерна. Выявлено положительное влияние комбинаций *Lr19+Lr24* и *Lr19+Lr26* на продуктивность как в условиях биострессоров, так и абистрессоров, кроме того, последняя комбинация увеличивает количество зернового белка, а *Lr19+Lr37* повышает засухоустойчивость [24].

У подсолнечника созданы почти изогенные линии с доминантными и рецессивными генами эректоидного типа прикрепления листьев (*Er*, *er*), используемыми для создания новых сортов и гибридов с измененной архитектоникой растений [25], с генами бело-желтой, лимонной, оранжевой окраски язычковых цветков, которые используются в качестве маркерных признаков в селекции гетерозисных гибридов [26].

У сорго выявлены линии-восстановители фертильности и закрепители стерильности новых типов стерильных цитоплазм (A2, A3, A4, 9E, M35-1A) [27], а также эффекты этих цитоплазм на агрономически важные признаки [28]. Использование ЦМС-линий на новых типах стерильных цитоплазм позволило решить проблему создания скороспелых гетерозисных гибридов сорго. Впервые обнаружено, что в некоторых типах ЦМС сорго восстановление фертильности регулируется эпигенетически [29], в частности в ЦМС типа 9E, посредством изменения характера метилирования ядерных генов, индуцируемого условиями внешней среды [30].

Совершенно очевидно, что в одной статье не представляется возможным отразить весь спектр достижений генетиков и селекционеров Саратовского отделения ВОГИС, в связи с чем автор просит прощения у всех исследователей, результаты работы которых остались за пределами данного обзора, и надеется, что в будущем удастся издать коллективную монографию, в которой итоги развития генетики и

селекции в Саратове за полвека были бы представлены более подробно.

Признанием роли саратовских ученых в развитии генетики и селекции в России явилось проведение в Саратове в 1994 году I съезда ВОГИС, фотографии некоторых участников которого публикуются ниже. Ежегодно в Саратовском аграрном университете им. Н. И. Вавилова проходят Вавиловские чтения, на которых аспиранты и молодые ученые получают возможность представить результаты своих исследований и услышать доклады более опытных коллег. Ниже представлены фотографии с юбилейных чтений 1977-го и 1987 годов, посвященных 90- и 100-летию Н. И. Вавилова. Рассматривая эти фотографии, мы вспоминаем коллег, которые активно и плодотворно трудились, вкладывая свои силы и энергию в развитие Великой Науки, стремясь познать лежащие в ее основе закономерности, и отчетливо понимаем, какая сложная задача стоит перед нынешним поколением генетиков и селекционеров. Необходимо соответствовать интеллектуальному уровню и духу предшественников и в наше сложное время обеспечить дальнейшее развитие генетических исследований.

Литература

1. Тырнов В. С. Генетические закономерности возникновения гаплоидов // Гаплоидия и селекция / под ред. С. С. Хохлова, В. С. Тырнова, Е. В. Гришиной и др. М.: Наука, 1976. – С. 121–131.
2. Тырнов В. С. Андрогенез *in vivo* у растений // Биология развития и управление наследственностью / под ред.: В. А. Струнникова. – М.: Наука, 1986. – С. 138–164.
3. А.с. 921138 СССР. Способ получения матроклинных гаплоидов у кукурузы / Тырнов В. С., Завалишина А. Н. Заявл. 19.11.1980. Зарегистрир. 14.12.1981. Опубл. 20.10.1996.
4. Тырнов В. С., Завалишина А. Н. Индукция высокой частоты возникновения матроклинных гаплоидов у кукурузы // Докл. АН СССР, 1984. – Т. 276. – № 3. – С. 735–738.
5. Еналеева Н. Х., Тырнов В. С., Селиванова Л. П., Завалишина А. Н. Одинарное оплодотворение и проблема гаплоидизации у кукурузы // Докл. РАН, 1997. – Т. 353. – № 3. – С. 405–407.
6. Тырнов В. С., Еналеева Н. Х. Автономное развитие зародыша и эндосперма у кукурузы // Докл. АН СССР, 1983. – Т. 272. – № 3. – С. 722–725.
7. Тырнов В. С. Гаплоидия и апомиксис // Репродуктивная биология, генетика и селекция / под ред. В. С. Тырнова. – Саратов: Изд-во СГУ, 2002. – С. 32–46.
8. Завалишина А. Н., Тырнов В. С. Цитоплазма как фактор изменчивости ядерного генома // Геном рослин. Одесса: Южный биотехнологический центр в растениеводстве УААН, 2008. – С. 75–77.
9. Суханов В. М., Ключков В. П., Хохлов С. С., Тырнов В. С. Использование культуры пыльников для получения гаплоидов // Культура клеток растений / под ред. Р. Г. Бутенко. – Киев: Наук. Думка, 1978. – С. 412–414.
10. А. с. 1036306 СССР. Способ получения растений из пыльцы в культуре пыльников / Суханов В. М., Тырнов В. С., Салтыкова Н. Н. // № 3268360; заявл. 01.04.1981; опубл. 23.08.83; Бюл. 31.
11. Суханов В. М. К использованию андроклинных растений в селекции пшеницы // Доклады ВАСХНИЛ, 1982. – Т. 11. – С. 7–8.

12. Дьячук П. А., Дьячук Т. И., Кудашкина С. В., Сафронова Н. Ф., Давыдов С. Д. Получение гаплоидных растений мягкой яровой пшеницы саратовских сортов в культуре пыльников // Доклады ВАСХ-НИЛ. – 1986. – № 10. – С. 34.
13. Дьячук Т. И., Кузьменко А. И., Ильина Л. Г., Данилова В. А., Зотова Т. К., Давыдов С. Д., Столярова С. В., Тучин С. В. Пшеница мягкая яровая *Triticumaestivum* L. Саратовская-64 // Патент РФ № 0344. Зарегистр. в Госреестре охран. селекц. достижений 05.11.1996 г.
14. Ткаченко О. В. Культура тканей *in vitro* короткостебельной мягкой и твердой пшеницы: Автореф. ... дисс. канд. сельскохозяйственных наук. – Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2001. – 20 с.
15. А. с. 1054941 СССР. Способ получения растений / Папазян Н. Д., Суханов В. М., Тырнов В. С.; заявл. 01.04.1981; зарегистрир. 15.07.1983.
16. Эльконин Л. А., Тырнов В. С., Суханов В. М., Ишин А. Г. Регенерация растений в культуре тканей сорго // Докл. ВАСХНИЛ. 1984. – № 4. С. 7–9.
17. Эльконин Л. А., Геращенко Г. А., Цветова М. И., Рожнова Н. А. Генетическая изменчивость в линии сорго с множественной генетической нестабильностью, индуцированной бромистым этидием в культуре *in vitro* // Генетика, 2010. – Т. 46. – № 7. – С. 911–922.
18. Elkonin L. A. Dominant male sterility in sorghum: effect of nuclear background on inheritance of tissue-culture-induced mutation. // Theor. Appl. Genet. 2005. – V. 111. – P. 1377–1384.
19. Эльконин Л. А., Итальянская Ю. В., Доманина И. В., Селиванов Н. Ю., Ракитин А. Л., Равин Н. В. Трансгенное сорго с улучшенной перевариваемостью запасных белков, полученное путем агробактериальной трансформации // Физиология растений. – 2016. – № 5 (в печати).
20. Патент РФ №2229793 Способ получения трансгенных растений сорго / Эльконин Л. А., Равин Н. В., Лешко Е. В., Волохина И. В., Чумаков М. И., Скрябин К. Г.; заявл. 06.11.2002; опубл. 10.06.2004. – Бюл. № 16.
21. Чумаков М. И., Рожок Н. А., Великов В. А., Тырнов В. С., Волохина И. В. Трансформация кукурузы путем инокуляции агробактериями пестичных нитей *in planta* // Генетика. 2006. – Т. 42. – № 8. – С. 1083–1088.
22. Сибикеев С. Н., Воронина С. А., Бадаева Е. Д., Дружин А. Е. Изучение линий *Triticumaestivum-Aegilopsspeltoides*, устойчивых к листовой и стеблевой ржавчинам // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – № 2. – С. 165–170.
23. Сибикеев С. Н., Воронина С. А., Бадаева Е. Д., Крупнов В. А. Идентификация чужеродной хромосомы у линии мягкой пшеницы Мульти 6R // Генетика, 2005. – Т. 41. – № 8. – С. 885–889.
24. Сибикеев С. Н., Дружин А. Е. Пребридинговые исследования почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы с комбинацией транслокаций от *Agropyronelongatum* (Host) P. В. и *Aegilopsvetricosa* Tausch. // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2015. – № 3. – С. 310–315.
25. Пимахин В. Ф., Кудряшов С. П., Лобачев Ю. В. Генетический контроль эректоидного типа листьев у подсолнечника. Наследования признака «угол крепления черешка листа к стеблю» // Вопросы генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Поволжье. – Саратов: СГСХА, 1997. – С. 106–111.
26. Константинова Е. А. Генетический контроль и селекционная ценность окраски язычковых цветков у подсолнечника: Автореф. ... дисс. канд. биол. наук. – Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2004 – 20 с.
27. Эльконин Л. А., Кожемякин В. В., Ишин А. Г. Использование новых ЦМС-индуцирующих цитоплазм для создания скороспелых линий сорго с мужской стерильностью // Доклады Россельхозакадемии. – 1997. – № 2. – С. 7–9.
28. Кибальник О. П., Эльконин Л. А. Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление хозяйственно-полезных признаков у сорго-суданковых гибридов // Доклады Россельхозакадемии. – 2012. – № 1. – С. 12–15.
29. Elkonin L. A., Kozhemyakin V. V., Tsvetova M. I. Epigenetic control of the expression of fertility-restoring genes for the '9E' CMS-inducing cytoplasm of sorghum // Maydica. – 2009. – V. 54. – P. 243–251.
30. Эльконин Л. А., Геращенко Г. А., Доманина И. В., Рожнова Н. А. Наследование реверсий к мужской фертильности у стерильных гибридов сорго с ЦМС типа «9E», индуцированных условиями внешней среды // Генетика. – 2015. – Т. 51. – № 3. – С. 312–323.

УДК 633.11

Адаптивная селекция: приоритеты, достижения и задачи в условиях нарастающей конкуренции

Adaptive breeding: priorities, achievements and tasks under the conditions of increasing competition

А. И. ПРЯНИШНИКОВ¹,
И. В. САВЧЕНКО², С. В. ЛЯЩЕВА¹,
Т. Б. КУЛЕВАТОВА¹

¹ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
г. Саратов

e-mail: raiser_saratov@mail.ru

²ФГБНУ «ВИЛАР»,

г. Москва

e-mail: vilarnii@mail.ru

A.I. PRYANISHNIKOV¹,
I. V. SAVCHENKO², S.V. LYASHCHEVA¹,
T.B. KULEVATOVA¹

¹Federal State Government-Funded
Scientific Institution «Agricultural
Research Institute of South-East Region»,
Saratov

e-mail: raiser_saratov@mail.ru

²Federal State Government-Funded
Scientific Institution «VILAR», Moscow

e-mail: vilarnii@mail.ru

Деятельность научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока исторически ориентирована на создание сортов с высокими адаптивными свойствами. Современные условия рынка предъявляют повышенные требования к продуктам растениеводства, что отражается и в направленности селекционных программ. В настоящем сообщении приводятся результаты научной работы последних лет по таким направлениям, как селекция на широкую экологическую пластичность и гетерозис, типизированные условия выращивания полевых культур, их целевое использование в питании человека. Все это позволяет с максимальной отдачей реализовывать потенциал возделываемых сельскохозяйственных культур, что способствует устойчивости производства зерна в Поволжье.

Ключевые слова: адаптивная селекция, сорт, качество зерна, зимостойкость, семеноводство.

The activities of Agricultural Research Institute of South-East Region are historically focused on the creation of varieties with high adaptive properties. Today's market conditions raise requirements to vegetable products that will be reflected in directivity of breeding programmes. This report presents the results of scientific works over the last years in such areas as breeding of the broad ecological plasticity and heterosis, typed conditions for growing field crops, their targeted use in the human nutrition. All of this allows with maximum efficiency to realize potential of arable crops that promotes the stability of the grain production in the Volga region.

Key words: adaptive breeding, variety, grain quality, winter hardiness, seed production.

Агроклиматические условия и наличие посевных площадей, научно-технического и кадрового потенциала по-

зволяют России полностью обеспечивать свои потребности в зерне. Подчеркивая региональную направленность сельскохозяйственной науки, один из основоположников российской агрономии – А. Н. Энгельгардт – еще в середине XIX века отмечал: «Нет химии русской, английской или немецкой, есть только общая всему свету химия, но агрономия может быть русская, или английская, или немецкая... Мы должны создать свою, русскую агрономическую науку, и создать ее могут только совместные усилия ученых и практиков». Засушливые условия Поволжья определяют главный стратегический вектор научных исследований и селекционных программ на Юго-Востоке России.

Адаптивность сорта подразумевает возможность генотипа в процессе индивидуального развития приспосабливаться к меняющимся условиям среды [2], определяя его способность в неблагоприятных условиях давать максимальную продуктивность, а в благоприятных – с наибольшей полнотой их использовать. Создание сортов с повышенным уровнем устойчивости к абиотическим факторам среды считается приоритетным направлением адаптивного растениеводства в данной зоне. Классический пример – селекционное улучшение яровой пшеницы саратовскими селекционерами, которым удалось за прошедшее столетие сформировать целое направление по созданию сортов, обладающих повышенной сосущей силой корней (25–32 атм.). Эта особенность растений позволяет более эффективно использовать почвенную и атмосферную влагу, обеспечивая превышение по урожайности первых селекционных сортов в два раза, а в острозасушливые годы – втрое и более.

Расширение в регионе посевных площадей под озимой пшеницей связано с внедрением современной системы сортов местной селекции, адаптированных к жестким условиям климатической зоны. Это позволило решить принципиально важный вопрос стабилизации производства зерна данной культуры, добившись за последнее десятилетие устойчивого роста ее урожайности на 11%, снизив при этом вариабельность данного показателя практически в 2 раза (рис. 1).

Совершенствование теоретических основ селекции на адаптивность растений по хозяйственно ценным признакам способствует созданию новых сортов зерновых культур,

отличающихся высоким качеством и продуктивностью. За прошедший век в НИИСХ Юго-Востока методологические подходы прошли длительный эволюционный путь – от индивидуального отбора до использования современных методов биотехнологии. Результативность селекционной работы в институте за последние 25 лет представлена на диаграмме (рис. 2.).

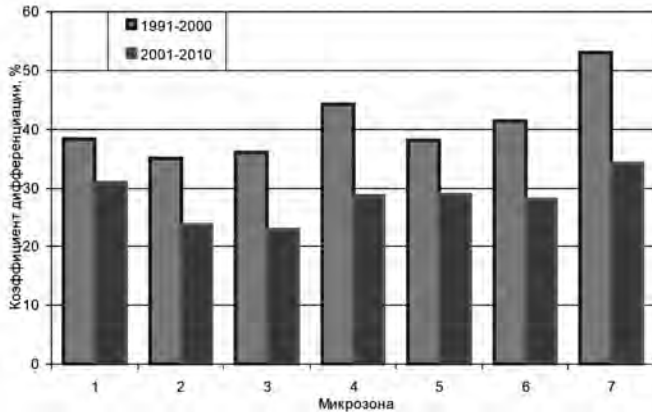


Рис. 1. Изменчивость урожайности озимой пшеницы по микрозонам Саратовской области в различные периоды лет: 1991-2000 гг. и 2001-2010 гг.

Примечание: 1-4 – природно-экономические микрозоны Правобережья области, 5-7 – левобережные природно-экономические микрозоны области

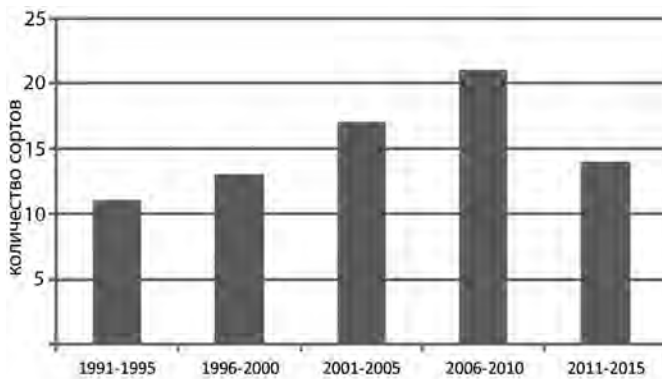


Рис. 2. Результативность селекции НИИСХ Юго-Востока.

Так, в последнее десятилетие методами традиционной селекции были созданы и внедрены в производство:

- Высокозимостойкие сорта озимой пшеницы – Жемчужина Поволжья, Калач-60;
- Сорта яровой мягкой пшеницы с повышенной засухоустойчивостью Саратовская-68, Саратовская-70, Саратовская-74 и с иммунитетом к болезням – Лебедушка, Воевода;
- Сорта яровой твердой пшеницы с устойчивостью к «черному зародышу» и высоким качеством макарон – Аннушка и Луч-25.

Использование селекционерами методов биотехнологии позволило получить засухоустойчивый сорт яровой пшеницы Саратовская-64; высокозимостойкие сорта озимой тритикале Святозар и Зубр; сорт зернового сорго с высокими питательными свойствами и повышенной перевариваемостью Ирина.

Высокая адаптивность сортов саратовской селекции наиболее ярко проявилась в жестких засушливых условиях последних лет (2009–2015 гг.). Это незамедлительно отразилось и в увеличении их доли в производственных посевах как Саратовской области (табл. 1), так и других регионов России. По данным ФГБУ «Россельхозцентр», в более чем 40 регионах России используется их потенциал.

Таблица 1

Использование сортов местной селекции в производстве Саратовской области 2015 г.

Культура	Площадь посева, тыс. га	Районированные сорта, тыс. га	Сорта местной селекции, тыс. га	% местных сортов в посевах
Озимая пшеница	761,4	669,2	442,8	58,0
Озимая рожь	89,9	78,7	78,7	88,0
Яровая пшеница	329,4	229,5	219,1	67,0
Ячмень	392,3	263,5	246,7	63,0
Просо	113,9	93,3	92,1	81,0
Подсолнечник (сорта)	316,5	266,8	130,0	41,0
Подсолнечник (гибриды)	684,9	246,0	6,5	1,0

Широкое использование сортов саратовской селекции – результат одного из основополагающих направлений работы института по созданию сортов с широкой экологической пластичностью, так называемой «селекцией по горизонтали» [3]. Этому способствует местоположение института, располагающегося на стыке лесостепной, степной и полупустынной зон. Проведение широкомасштабных мультилокационных испытаний в различных географических точках позволяет выделять перспективный материал для селекции. Примером реализации такого подхода можно считать новый сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская-74, который создан в результате широких экологических испытаний в Нижнем и Среднем Поволжье. Весомым результатом селекционной работы также следует признать создание сортов, полученных при использовании гибридного материала института в совместных программах с другими селекционными центрами России: Краснодарским НИИСХ – яровая твердая пшеница Красар, Лилек, Николаша; Калужским НИИСХ – озимая пшеница Касар; ПХ «Пушкинское» Нижегородской области – сорго-суданковый гибрид Болдинский.

Другое направление селекционных программ ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» – формирование оптимальной системы сортов для производства в конкретной экологической зоне. Отправной точкой в этом вопросе является систематизация главных лимитирующих факторов по их влиянию на отдельные признаки растений. Выявление различий в структуре хозяйственно ценных признаков при типизации погодных условий позволяет конкретизировать подбор перспективного материала для такой системы сортов. Так, на примере озимой пшеницы нами показано, что реализация урожайных свойств в благоприятные годы происходит за счет показателей, характеризующих продуктивность на уровне биоценоза (число стеблей и масса зерна с 1 кв. м), в неблагоприятные – на уровне растения (число зерен и масса зерна с главного колоса и растения) [4, 6]. Отмеченные особенности способствовали направленному формированию системы сортов озимой пшеницы, позволившей реализовать их потенциал в производстве зерна в Саратовской области.

Анализ структуры урожая, качественных показателей зерна, зимостойкости и других количественных признаков на основе изучения генотип-средовых взаимодействий свидетельствуют о сложной природе реализации генетической информации растениями в онтогенезе [4]. В этой связи специфика подходов экологической генетики к проблеме адаптации заключается в оценке особенностей адаптивного

потенциала высших растений как целостной системы, формируемой на основе взаимосвязей генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации (системы F и R) [3]. В связи с этим развитие исследований по теории генетической организации признака представляется одним из основополагающих направлений адаптивной селекции на современном этапе.

В значительной степени этому может способствовать гармонизация современных подходов системной биологии к задачам селекции, которая на основе биометрических методов может открыть перспективы к количественному описанию онтогенетической природы адаптации растений. При этом главными задачами дисциплин системной биологии в свете теории генетической организации признака, следует рассматривать:

- изучение ответных реакций на внешние и внутренние раздражители на уровне протеома и метаболома (рис. 3);
- поиск генетических основ природы ответа растений на уровне функциональной геномики;
- развитие алгоритмов информационной биологии с возможностью моделирования поведения растительной системы в постоянно изменяющейся внешней среде.

Объем, ассортимент и качество производимого зерна и продуктов его переработки должны удовлетворять нужды конечного потребителя и смежных отраслей зернового хозяйства.

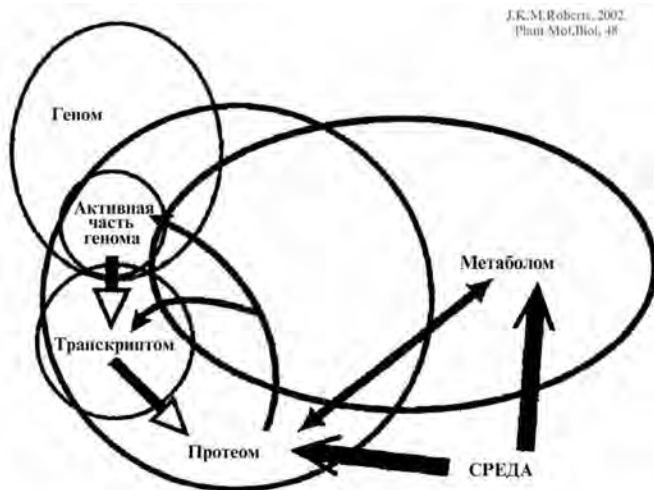


Рис. 3. Реализация генетической информации растениями в системе взаимодействия «генотип-среда» (по J.K.M. Roberts, 2002).

Питание – основа жизнедеятельности человека, одно из основных условий его существования, влияющее на продолжительность жизни, работоспособность, сопротивляемость неблагоприятным факторам окружающей среды. При всем многообразии пищевых продуктов лишь одна их группа постоянно присутствует во всех пищевых рационах – это продукты, произведенные на основе зерна. Хлеб – главный их представитель – обладает высокой пищевой ценностью и уникальным свойством не приедаться, что делает его роль в питании населения повсеместно определяющей. Зерно прямо или косвенно (через корма) определяет потенциал трех основных продовольственных групп – хлебной, мясной, молочной [7].

Время вносит существенные изменения в структуру и характер питания населения, особенно экономически развитых стран. Появилось большое разнообразие новых продуктов, прежде всего благодаря использованию огромного количества пищевых добавок. Для увеличения объема продовольствия выведены и начали применяться генетически

измененные сельскохозяйственные культуры. В связи с этим в последние годы остро встала проблема безопасности продуктов питания для здоровья человека [5].

В условиях Поволжья создание высококачественных сортов является одним из приоритетных направлений селекции сельскохозяйственных культур. В 2012 году получил допуск к использованию первый в отечественной селекции сорт озимой белозерной ржи Памяти Бамбышева, проходит испытание в Госсортсети сорт Солнышко. Данные формы ценны не только своими адаптивными свойствами и повышенной урожайностью: получен новый вкус хлеба. Сумев сохранить особые пищевые свойства, присущие только ржи, ученые добились очень светлого цвета зерна и муки, что обеспечивает выпечку нетрадиционного для ржи оттенка. Зерно сорта Памяти Бамбышева отличается высокой перевариваемостью, что делает его незаменимым для приготовления диетических хлебцев и при производстве комбикормов. Данная биохимическая особенность обеспечивается меньшим содержанием ингибитора трипсина – фермента, отрицательно влияющего на организм, вызывающего угнетение роста и различные заболевания.

Внедрение культуры зернового сорго, являющейся засухоустойчивой и жаростойкой, дающей стабильные урожаи зерна, в производство России расширит ассортимент сырья для получения продуктов питания в условиях Нижнего Поволжья. Использование в пищевой промышленности зерна сорго позволит получать хлебопекарные продукты с пониженной калорийностью, увеличенным содержанием пищевых волокон, макро- и микроэлементов (магний, фосфор, железо, цинк, медь, марганец, бор, кремний, кобальт и др.), витаминов (B₁, B₂, B₃, B₆, E, H, PP). Зерно сорго не содержит глютена, поэтому продукты из него можно вводить в рацион питания больных целиакией. В настоящее время вызывают большой интерес новые сорта зернового сорго Белочка и Ирина селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», имеющие белое по цвету зерно, пригодное не только для кормовых, но и пищевых целей. Разработаны рецептуры приготовления безглютеновых кулинарных изделий – кексов, вафельных трубочек, блинов; создано ТУ малоглютенового дрожжевого хлеба «Левушка»; изучены кулинарные свойства крупы сорго. Сорт Белочка внесен в Госреестр в 2015 году.

В последние годы для повышения технологичности возделывания подсолнечника, улучшения семян и качественного состава масла отобраны и включены в селекционный процесс: синтетик с повышенным до 80–90% содержанием олеиновой кислоты в масле; высокоолеиновые самоопыленные линии; линии с массой 1000 семян 120–160 г; линии с толерантностью к гербицидам имидазолиновой группы. В 2013 году допущен к использованию крупноплодный сорт подсолнечника кондитерского назначения Сластана.

Основу современного производства подсолнечника в регионе (до 70% площадей культуры) составляют высокоурожайные и отзывчивые на факторы интенсификации гибриды. Эффект гетерозиса считается одним из важнейших факторов повышения продуктивности, однако реализация этого направления селекционными программами сложна и трудоемка. Создание гибридов с эффективным семеноводством на основе автофертильных, высокопродуктивных родительских линий, генетических маркеров морфологических признаков является важным направлением селекции данной культуры. В 2015 году допуск к использованию получил гибрид подсолнечника Континент, который отличает маркированная белоцветковая материнская линия, что позволяет существенно облегчить технологию сортовых про-

чисток на участках гибридизации и улучшить качество получаемых гибридных семян.

Широкая направленность работ по гибриднему подсолнечнику позволяет формировать единую систему дополняющих друг друга гибридов по отдельным хозяйственно ценным показателям. Так, гибрид Эверест характеризуется широкой экологической пластичностью, обладает высокой экономической эффективностью в семеноводстве благодаря повышенной урожайности семян на участках гибридизации, что достигается использованием в качестве материнской линии простого стерильного гибрида. Гибрид Дуэт, созданный совместно с ВНИИ масличных культур, отличается ультраскороспелостью, низкорослостью, интенсивным типом возделывания. Рекомендован для возделывания в Поволжье, Сибири, на Урале, регионах с дефицитом тепла. В южных регионах страны Дуэт может быть использован для посева в поздние сроки в качестве страхового гибрида. Все отмеченные формы внесены в Госреестр сортов, допущенных к использованию, в 2015 году.

Таким образом, направленность селекционных программ на создание форм с высокими адаптивными свойствами, способствует внедрению в производство широкого набора сортов, отличающихся экологической устойчивостью не только по показателям продуктивности, но и качества зерна. На их основе создаются технологии переработки продукции растениеводства, учитывающие особенности новых сортов сельскохозяйственных культур, в целях получения нетрадиционных продуктов питания. В условиях нарастающей конкуренции это способствует стабильности сельскохозяйственного производства

Литература

1. Устойчивость земледелия и риски в условиях изменения климата. / Резюме коллективной монографии. Редакторы: Иванов А. Л., Усков И. Б. – СПб.: 2009. – 95 с.
2. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбинация, агробиотенез). – Кишинев: «Штиинца», 1980. – 588 с.
3. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). – М.: «Агрорус», в 3 томах, 2008.
4. Прянишников А. И. Методологические особенности адаптивной селекции озимой пшеницы на урожайность и качество в Нижнем Поволжье. Автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук. Немчиновка, 2006. – 48 с.
5. Прянишников А. И., Андреева Л. В., Кулеватова Т. Б. и др. Качество зерна – источник здоровья нации. / Достижения науки и техники АПК. №11, 2010. – с. 16–17.
6. Прянишников А. И., Сайфуллин Р. Г., Кулеватова Т. Б., Лящева С. В. О развитии НИИСХ Юго-Востока селекционного фактора в адаптивном растениеводстве. / Достижения науки и техники АПК. – Т. 29, №12, 2015. – с. 13–15.
7. А. В. Гордеев, В. А. Бутковский, А. И. Алтухов. Российское зерно – стратегический товар XXI века. – Москва: ДеЛи принт, 2007. – С. 471.
8. Justin K.M. Roberts. Proteomics and a future generation of plant molecular biologists. / Plant Molecular Biology. 2002, V. 48, Issue 1, – p. 143–154.

УДК 631.527(092)

Алексей Павлович Шехурдин (к 130-летию со дня рождения)

Alexey Pavlovich Shekhurdin (to the 130th Anniversary of the birth)

**Р. Г. САЙФУЛЛИН,
Г. А. БЕКЕТОВА,
Т. Ш. МУСТАФИНА**
ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
г. Саратов
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

**R. G. SAYFULLIN,
G. A. BEKETOVA, T. S. MUSTAFINA**
Federal State Government-Funded
Scientific Institution
«Agricultural Research Institute of
South-East Region», Saratov
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Представлены сведения о жизни и деятельности Алексея Павловича Шехурдина.

Упомянуты его учителя и руководители работ, а также его коллеги, ученики и последователи, которые успешно продолжали селекцию яровой пшеницы в Саратове и за его пределами. Отмечена новаторская роль исследователя А. П. Шехурдина, новизна его селекционных разработок в части определения направления селекции, подбора исходных форм, схем гибридизации, оценки, отбора и внедрения в хозяйствен-

ный оборот новых сортов. Рассмотрены селекционные достижения, развитие методов улучшения яровой пшеницы.

Ключевые слова: Алексей Павлович Шехурдин, яровая пшеница, сорт, гибридизация, отбор, селекция, семеноводство.

The information of professional and personal life of Alexey Pavlovich Shekhurdin is presented. His teachers and heads of works, as well as his colleagues, students and followers are mentioned, who continued the selection of

spring wheat with success in Saratov and beyond it. The innovative role of researcher A.P. Shekhurdin, the novelty of his breeding developments in a part of the direction determining of breeding, selection of initial forms, schemes of the hybridization, evaluation, selection and introduction of new varieties into productive use is noted. The selection achievements, development of methods of spring wheat improving are considered.

Key words: Alexey Pavlovich Shekhurdin, spring wheat, variety, hybridization, selection, breeding, seed production.

Текущий год – год, когда научная общественность, исследователи-аграрники России отмечают 130-летие со дня рождения ученого-селекционера, заслуженного деятеля науки РСФСР, лауреата Сталинской премии, орденоносца, доктора с.-х. наук, профессора Алексея Павловича Шехурдина.

Родился Шехурдин 22 марта (9 марта по старому стилю) 1886 г. в деревне Быково Уржумского уезда Вятской губернии в крестьянской семье. В 1904 г. после окончания сельскохозяйственного училища был послан на практику в имение профессора Петровской сельскохозяйственной академии И.А. Стебута. После двухлетней практики стал заведовать хозяйством и помогать ставить опыты. В 1910 г. создается Саратовская селекционная опытная станция (ныне НИИСХ Юго-Востока), и её директор, сын профессора А. И. Стебут, пригласил Шехурдина работать на станции. С 15 сентября 1911 г. после демобилизации с военной службы Шехурдин начал работать в качестве лаборанта-селекционера [1, 2]. В отчете директора станции А. И. Стебута за те первые годы работы имеется такая запись: «Селекция яровой пшеницы сосредотачивалась в руках лаборанта А. П. Шехурдина... Наряду с главной задачей... лаборант А. П. Шехурдин сосредотачивал в своих руках весь технический надзор, ему подчинены были все без исключения служащие Отдела, так что во время отсутствия Заведующего он являлся его заместителем. Он же составлял ежедневные наряды на работу по всему Отделу» [3]. Таким образом, Алексей Павлович, не имея в начале своей селекционной деятельности не только высшего, но даже среднего образования, с момента поступления на Саратовскую селекционную станцию и до конца своих дней возглавлял селекцию яровой пшеницы – основной продовольственной культуры Юго-Востока.

О годах юности, о страстном желании учиться А. П. Шехурдин вспоминал: «По окончании с.-х. школы меня не оставляла мысль продолжить свое образование, но для того чтобы поступить в высшую школу, необходимо было иметь свидетельство за среднюю школу. К осуществлению своей заветной мечты удалось приступить в 1921 г. В этом году я серьезно взялся за систематическое прохождение курса математики, физики и русского языка в объеме средней школы, беря частные уроки. В 1922 г. поступил в последнюю группу 5-й Саратовской вечерней школы взрослых второй ступени, которую окончил в

1923 г. В 1923 г., не оставляя своей службы, поступил учиться в Саратовский сельскохозяйственный институт. В 1928 году защитил дипломную работу в Государственной квалификационной комиссии при Саратовском СХИ на тему: «Направление и результаты селекции яровой пшеницы на Саратовской опытной Станции». По окончании агрономического факультета Саратовского СХИ (в 1927 г.) Алексей Павлович получает специальность агронома-растениевода. В 1921 г. за достигнутые успехи в селекции яровой пшеницы Научным советом станции А. П. Шехурдин переводится из лаборантов в ассистенты, в 1926 г. – в старшие ассистенты, а в 1930 г. – в ученые специалисты.



В 1920–1921 гг. Шехурдин путем индивидуального отбора из местной Полтавки вывел свои первые сорта: Лютесценс-62, Альбидум-604, Альбидум-721 и др. Из местного Русака он вывел сорт Эритроспермум-341, из местной Блотурки сорта твердой пшеницы Гордеиформе-432, Гордеиформа-5695, Гордеиформе-5866. Все эти сорта использовались производством. Особенно широкое распространение в производстве получил сорт Лютесценс-62. Он отличался исключительной экологической пластичностью. Возделывался от западных границ бывшего СССР до Сахалина в 65 областях, края и республиках. Максимальная посевная площадь в 1953 г. составила 8,8 млн га, сорт использовался до 1985 г. Гордеиформа-432 – сорт яровой твердой пшеницы с уникальными технологическими свойствами зерна. Мука этого сорта подмешивалась при выпечке снискавших славу саратовских калачей. Использовался производством в Поволжье до 1976 г. [4, 5].

Создание принципиально новых сортов, характеризующихся комплексом положительных признаков, было связано с развертыванием работ по гибридизации. Скрещиваниями Шехурдин начал заниматься с первых лет организации Саратовской станции. Причем все пришлось начинать впервые. Вместе с А. И. Стебутом выработали основные направления селекции, требования к идеальному сорту и пути достижения цели. Главным являлась стабильность в высоком сборе полноценного по физическим и технологическим свойствам зерна в условиях засух. С целью объединить высокое качество зерна твердой пшеницы с урожайностью мягкой пшеницы в 1912 г. Шехурдин провел первые межвидовые скрещивания. Затем в течение 8 поколений из лучших семей этих гибридов производил отбор лучших растений. В результате долголетней направленной работы по отборам Шехурдин вывел несколько сортов, из них наибольший интерес представляли сорта Сарруба и Сарроза. Они знаменовали собой возникновение нового, очень высокого уровня качества зерна у пшеницы. Будучи сортами мягкой пшеницы, качество зерна имели значительно более высокое, чем родительские сорта данного вида. Сарроза впоследствии послужила очень хорошим исходным материалом при создании многих саратовских сортов яровой пшеницы. Сарруба была районирована и возделывалась в течение 38 лет в Поволжье на площади до 1,3 млн га. В 1935 г. Н. И. Вавилов писал, характеризуя Саррубу: «Этот гибрид ныне занимает сотни тысяч гектаров в культуре и является

наиболее крупным практическим достижением мировой межвидовой гибридизации» [6, 7]. Таким образом, Алексеем Павловичем Шехурдиным впервые была доказана результативность использования межвидовой гибридизации в селекции яровой пшеницы. Факт районирования и широкого распространения сорта Саррубра пробил первую брешь в преобладавшем в то время скептическом отношении к отдаленной гибридизации.

Более того, Шехурдин взялся за дерзкую идею – создать сорт мягкой пшеницы с зерном такого же высокого качества, как у твердой пшеницы, но более урожайный, чем эта культура. В течение длительного периода он путем сложных скрещиваний и многократных отборов формировал сорт мягкой пшеницы с зерном как у твердой пшеницы. Хотел, чтобы из муки мягкой пшеницы получались такие же высококачественные макаронные изделия, как из саратовских твердых пшениц, то есть очень прочные на излом, янтарного цвета. И уже в конце жизни решился передать такой сорт в Государственное испытание под названием Стекловидная-1. Это сорт с уникальным ультрастекловидным зерном. Из муки Стекловидной-1 получались высококачественные макароны, приближающиеся по своим свойствам к макаронам из твердой пшеницы.

До организации научной селекции в Поволжье имели распространение сорта яровой мягкой пшеницы, представляющие разновидности лютеценс и эритроспермум, по качеству – ценные. С началом работы селекционной лаборатории крестьяне впервые получили в распоряжение сорта белозерной разновидности – альбидум, а также сорта яровой мягкой пшеницы, по качеству зерна относящиеся к классу мягкой.

Рассматривая результаты селекции А. П. Шехурдина и его сотрудников, нельзя пройти мимо легендарного сорта Саратовская-29. Этот сорт получил особенно широкое распространение и большое признание у производителей. По занимаемым площадям этот шедевр не имеет равного себе аналога в истории отечественного земледелия. В 1976 г. Саратовская-29 возделывалась на площади 21,2 млн га, что составляло 50% всех сортовых посевов яровой пшеницы в СССР. И ныне этот сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию по 9-му региону и в некоторых областях Казахстана. Непреходящее значение имеют сорта яровой пшеницы, созданные Алексеем Павловичем, в качестве доноров засухоустойчивости, высокой пластичности и отличных технологических свойств зерна. Они используются фактически всеми селекционными учреждениями страны, занимающимися селекцией пшеницы. Эти сорта входят в родословную очень многих отечественных сортов яровой пшеницы [8].

Говоря о вкладе А. П. Шехурдина в отечественную селекционную науку, в разработку направлений, приемов и методов ведения работ по созданию новых, более совершенных сортов яровой пшеницы для засушливых условий Юго-Востока, во многих случаях приходится начинать со слова «впервые». В 1912 г., убедившись в ограниченности метода аналитической селекции, саратовские селекционеры под руководством А. И. Стебута начали переходить к синтетической, положив тем самым курс на новый метод селекции. Применялась внутривидовая и межвидовая гибридизация, с использованием местных сортов культуры как наиболее адаптивных к суровым засушливым условиям края. Начав использовать гибридизацию как метод селекции яровой пшеницы, Алексей Павлович сталкивается с непредвиденной трудностью: используемая зарубежными исследователями методика скрещивания оказывается непригодной для засушливых условий Юго-Востока. А. П. Шехурдин блестя-

ще преодолевает возникшую трудность – разрабатывает свою оригинальную методику и технику гибридизационных работ применительно к условиям зоны, которая и поныне успешно используется саратовскими селекционерами [4].

С самых первых лет деятельности Шехурдина как селекционера им были начаты работы по созданию особо засухоустойчивого сорта для Саратовского Заволжья. Для этого в 1913 г. Алексей Павлович первым в стране начал использовать географические отдаленные скрещивания пшеницы, положив им начало гибридизацией местного сорта Полтавка с туркестанским Грекум. Однако до выведения от этого скрещивания практически ценного сорта потребовалось развернуть целый цикл подготовительных скрещиваний, в частности, впервые использовать прием скрещиваний гибридов первого поколения между собой. Затем последовал в течение шести поколений отбор лучших растений из лучших семей, который привел к созданию сорта Альбидум-43. Этот сорт изучался в Госсортосети во время Отечественной войны и был районирован в 1946 г. Он быстро приобрел интерес у производителей за свою высокую урожайность, очень хороший налив зерна в любой по влагообеспеченности год. Возделывался в Поволжье, Западной Казахстане, Оренбуржье, Уральской области на площади до 6,2 млн га, превосходя в этом отношении все сорта пшеницы в СССР. В сводках первых лет районирования Альбидум-43 нередко можно было прочитать такие слова: «Сорок третья идет в производство стихийно, всех ее посевов учесть невозможно». Использовался производством 43 года. Для заволжских засушливых условий Шехурдин также создал сорт сильной пшеницы Саратовская-210, который возделывался параллельно с Альбидум-43 в течение 33 лет на площади до 1,5 млн га.

Наиболее широко географически отдаленные скрещивания стали проводиться в лаборатории в конце 20-х – начале 30-х годов прошлого столетия. В определенной мере это было связано с планами ирригации огромных площадей в степях Заволжья, что выдвинуло перед селекционерами задачу создания сортов растений, устойчивых к грибным болезням и полеганию. В 1928 г. заведующий отделом селекции Саратовской областной сельскохозяйственной станции Г. К. Мейстер привез из США семена ряда устойчивых к бурой ржавчине сортов. С этого времени Шехурдин проводит направленную работу по созданию сортов яровой пшеницы, устойчивых к этой болезни. На основе географически отдаленных скрещиваний были выведены сорта Лютеценс-605, Лютеценс-758, Саратовская-27. Особое широкое производственное значение из них получил сорт Лютеценс-758. Нравился этот сорт известному агроному Т. С. Мальцеву. Возделывался сорт Лютеценс-758 в Северном Казахстане, в Сибири, в Алтайском крае на площади до 9,5 млн га в течение 37 лет. За выведение сортов Саррубра и Сарроза, а также сортов Лютеценс-62 (районирован в 1924 г., в 1953 г. занимал более 8,8 млн га, возделывался в производстве 60 лет), Альбидум-604 (районирован в 1924 году, возделывался в производстве 27 лет), Эритроспермум-341 (районирован в 1929 г., возделывался в производстве 35 лет), Гордеиформе-432 (районирован в 1929 г., возделывался в производстве 47 лет) Алексею Павловичу Шехурдину решением Квалификационной комиссии ВАСХНИЛ СССР, утвержденным президентом академии 17 мая 1936 г., без защиты диссертации присуждается ученая степень доктора с.-х. наук, а решением той же комиссии от 5 июля того же года он был утвержден в ученом звании действительного члена научно-исследовательских учреждений страны. За выдающиеся результаты в селекции сортов яровой пшеницы и за многолетнюю плодотворную преподавательскую деятельность (по совместительству) решением

Высшей аттестационной комиссии Комитета высшей школы СССР в 1945 году А. П. Шехурдину присваивается звание профессора по селекции и семеноводству, а в 1947 г. Президиумом Верховного Совета РСФСР – звание заслуженного деятеля науки РСФСР. Он был награжден орденом Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени. За выведение Лютесценс-758 и Лютесценс-605 Шехурдин был удостоен звания лауреата Государственной премии.

Будучи патриотом, горячо любящим свою родину, следуя примеру лучших людей страны, Алексей Павлович часть премиальной суммы отдал на нужды фронта. Вот как об этом писала областная газета «Коммунист» 28 января 1943 г.: «Доктор сельскохозяйственных наук А. П. Шехурдин из своих личных сбережений внес на строительство боевых самолетов 30 тысяч рублей». Следует заметить, что из всех подразделений института особенно продуктивно в период Великой Отечественной войны, в эти тяжелейшие для Родины годы, работал коллектив лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, возглавляемый Алексеем Павловичем Шехурдиным. Всего за семь тяжелейших для страны лет (1941–1947 гг.) было районировано пять саратовских сортов яровой пшеницы (один сорт в 1,5 года), в то время как за двадцать предшествующих лет (1920–1940 гг.) их было районировано семь (один сорт в три года).

По твердой пшенице, наряду с сортами, созданными путем индивидуального отбора, Шехурдин выводит сорта и от межвидовой гибридизации этой культуры с мягкой пшеницей. Будучи очень внимательным к окружающей природе, Шехурдин в 1918 г. выделил в посевах чистой линии Гордеиформе-432 колосья естественного межвидового гибрида – безостой твердой пшеницы. В результате вывел сорт безостой твердой пшеницы Кандиканс-75/09, который отличался от ранее выведенных сортов скороспелостью, повышенной засухоустойчивостью, меньшей прихотливостью к почвенным разностям. Именно этого добивался селекционер. От скрещивания с естественным межвидовым гибридом Шехурдин создал целый ряд урожайных безостых твердых пшениц с опушенным колосом. Последний из них, Мутико-Валенсия-381, стал исходным материалом при выведении (уже после смерти Шехурдина) районированных в Заволжье засухоустойчивых сортов Саратовская-40, Саратовская-41.

Алексей Павлович является одним из пионеров в проведении работ, связанных с отдаленными скрещиваниями пшеницы с рожью, пыреем и житняком [16, с. 117–118]. Еще в 1913 году А. П. Шехурдин проводит скрещивание озимой мягкой пшеницы с рожью, но все растения F_1 от этого скрещивания погибли в зимнее время. Это межродовое скрещивание было повторено им в 1917 году, и полученные гибриды F_1 хорошо перезимовали. Таким образом, Алексей Павлович впервые в истории селекции установил сам факт возможности искусственного получения гибридов пшеницы с рожью, а также подтвердил возможность естественной гибридизации. С 1922 года А. П. Шехурдин возобновляет попытки получения гибридов твердых и мягких яровых пшениц с пыреем и житняком. И хотя эти исследования А. П. Шехурдина по отдаленной гибридизации не дали непосредственно практических результатов, они послужили толчком к работам в этом направлении ряда других исследователей Саратовской станции и других научных учреждений страны. Академик Г. К. Мейстер на основе ржано-пшеничных гибридов вывел сорт озимой мягкой пшеницы Лютесценс-230; академик Н. В. Цицин, ученик А. П. Шехурдина, получил ряд пшенично-пырейных гибридов-сортов яровой и озимой пшеницы – ППГ-186, ППГ-599, Флора-5, Флора-7, Грекум-114 и др.

Главный итог научных поисков А. П. Шехурдина – разработка и внедрение в практику селекции метода ступенчатой гибридизации. Концепция метода была впервые высказана А. И. Стебутом следующим образом: «Факт, что филогенетически более отдаленные формы труднее вступают во взаимное скрещивание и дают более слабое потомство, заставляет нас наметить особый путь соединения наследственных начал твердых и мягких пшениц. Мы предполагали перейти к ступенчатой гибридизации. Если, например, Полтавка с Белотуркой непосредственно не дают желаемых гибридных форм, если с другой стороны результаты скрещивания Селивановского Русака с Белотуркой уже более удовлетворительны, то следует попробовать, нельзя ли соединить Полтавку с Белотуркой через посредство Русака. Ступенчатая гибридизация сводится, следовательно, к приему включения между двумя далекими в гибридологическом отношении формами ряда промежуточных скрещиваний, которые облегчили бы конечное соединение намеченных признаков» [18, с. 439]. А. П. Шехурдин не только доказал на практике правильность идеи своего учителя А. И. Стебута, но и творчески развил, обогатил ее. По сути дела, он создал новый метод селекции, так как вложил в понятие ступенчатой гибридизации иной философский принцип – принцип постепенного обогащения местного генофонда новыми генетическими факторами, постепенного и непрерывного продвижения в направлении совершенствования селекционного материала, в противоположность стебутовскому феноменологическому принципу – поиска путей соединения готовых признаков различающихся форм. А. П. Шехурдин исходил из того, что материал в этих условиях следует обрабатывать постепенно, путем ряда последовательных скрещиваний и многократных направленных отборов.

Эффективность этого метода селекции доказана результатами многолетней работы А. П. Шехурдина – из 17 районированных сортов, созданных им, 8 (47,0%) сортов выведены от сложноступенчатых скрещиваний, 6 (35,3%) – методом аналитической селекции, 2 (11,8%) – от эколого-географических скрещиваний и 1 сорт (5,9%) – от естественной гибридизации. Классическим примером успешного использования метода сложной ступенчатой гибридизации является история выведения сортов Саратовская-29, Саратовская-36, Саратовская-39. Формирование генофонда этих сортов началось с самого начала развертывания работ на станции, с межвидовой гибридизации твердой пшеницы с мягкой, с создания сорта Сарроза. От скрещивания с Саррозой в гибридном материале возникали трансгрессивные изменения по качественным показателям зерна. Путем отборов удалось эти изменения усилить и создать сорт Альбидум-24. Для дальнейшего повышения урожайности культуры потребовалось объединить наследственности Альбидум-24 и Лютесценс-55/11. Последний – естественный гибрид, возникший в посевах чистой линии Эритроспермум-341, выделенной из местного Русака. Этот естественный гибрид имел потенцию в условиях засушливой степи к формированию повышенной озерненности колоса. Из гибридной популяции от последнего скрещивания в результате 2-кратного отбора, в третьем поколении было выделено родоначальное растение сорта Саратовская-29, а путем 3-кратного отбора из 7-го поколения выделены родоначальные растения по сортам Саратовская-36 и Саратовская-39. С созданием этих сортов была решена задача, поставленная еще в начальный период работ станции, по выведению высокоурожайных, засухоустойчивых сортов высокосильной пшеницы. Сорт Саратовская-29 устойчиво превышал по сбору зерна ранее выведенный сорт Лютесценс-62 на 15–20% и имел все показатели высокосильной

пшеницы. По данным исследований английской лаборатории профессора Д. В. Кент-Джонса (1862 г.), эта пшеница дает очень сильное тесто, является первоклассной сильной пшеницей. Саратовская-29 активно внедрялась в сельскохозяйственное производство, особенно в период освоения целины в Казахстане. В этой республике посевы Саратовской-29 составляли более 90% от всех сортовых посевов яровой пшеницы. Там, в отдельных районах, с этого сорта собиралось зерно с 19% содержания в нем белка. В 70-х годах в СССР под этим сортом ежегодно занималась посевная площадь от 17 до 21 млн га. Это невиданная в мировой практике активность в использовании одного сорта. Сорта Саратовская-36 и Саратовская-39 имели преимущество над Саратовской-29 по урожайности, а Саратовская-36 – и по качеству зерна. Они пошли в производство вслед за Саратовской-29. Саратовская-36 возделывалась в основном в Поволжье на площади до 2,1 млн га, Саратовская-39 – в Уральском и Восточно-Сибирском регионах на площади около 1,0 млн га. С точки зрения весомости вклада в экономику СССР во второй половине прошлого столетия практические результаты деятельности А. П. Шехурдина могут быть сравнимы с достижениями выдающихся отечественных ученых-селекционеров озимой пшеницы – П. П. Лукьяненко и В. Н. Ремесло. В период своего максимального распространения сорта селекции А. П. Шехурдина высевались на площади 28,3 млн га (67,5% от всех посевов яровой пшеницы), а его коллег соответственно 5,4 млн га (32,0% от всех посевов озимой пшеницы) и 7,8 млн га (45,8%).

Непреходящее значение для селекционной науки имеют и исследования А. П. Шехурдина по изучению и разработке ряда других вопросов теории и практики селекции яровой пшеницы, ее биологии: подбора пар для гибридизации; характера наследования стекловидности зерна в связи с хлебопекарной способностью и урожайностью; методики определения осыпаемости сортов и оценки устойчивости пшениц и гибридов в полевых условиях на инфекционном фоне, при искусственном заражении, механизма цветения и устойчивости яровой пшеницы к пыльной головне; динамики и характера налива и прироста сухого вещества в зерне яровой пшеницы; развитие корневой системы различных экологических типов и сортов в связи с условиями выращивания; сохранения селекционных сортов в чистоте; использование недоразвитого зерна для посева в поле и др.

Им написано более 100 научных работ. Наиболее значительные: «О технике искусственного скрещивания яровой пшеницы», 1913 г.; «Результаты селекции местной пшеницы Полтавка», 1920 г.; «Яровая пшеница», 1930 г.; «Пути и методы селекции яровой пшеницы на Юго-Востоке СССР», 1946 г.

Много времени и внимания уделял Шехурдин подготовке научных кадров, серьезно занимался с аспирантами. Подготовил 13 кандидатов с.-х. наук, 2 докторов. Академик Н. В. Цицин начал научную карьеру в лаборатории, руководимой А. П. Шехурдиным. В те годы молодым саратовским ученым были получены всхожие семена от гибридов пшеницы с пыреем, на базе которых позже была развернута большая работа в Омске, а в последующем созданы коммерческие сорта.

Заслуга Шехурдина и в том, что он совместно со Стебутом разработал основные модельные параметры растений яровой пшеницы, необходимые для организации устойчивого производства зерна в засушливых условиях Нижнего Поволжья. Он разработал, сформировал и постоянно генетически обогащал уникальную региональную генетическую коллекцию в виде саратовского селекционного материала, который позволяет с плановой регулярностью создавать надежные коммерчески значимые новые сорта.

Итоги исследований ряда вопросов, полученные А. П. Шехурдиным в ходе их изучения, имели и имеют определенное значение и для с.-х. практики, так как относятся к сфере технологии производства. Так, к примеру, изучение динамики процесса налива зерна (прироста сухого вещества) у ряда константных форм и сортов яровой пшеницы селекции лаборатории не только подтвердило важные для отбора и оценки селекционных образцов на урожай в условиях Нижнего Поволжья положения, что «в засушливых условиях имеет очень важное значение не крупность зерна, а хороший налив последнего» и что «... качество его налива довольно упорно наследуется и удерживается в потомстве» [4]. Кроме того, Алексей Павлович отмечает: «Для получения у яровой пшеницы наибольшего урожая семян вполне можно убирать ее в период восковой спелости... Семена пшеницы, убранной в стадии восковой спелости, имеют возможность дать и более высокий урожай по сравнению с семенами в полной зрелости» [там же, с. 104]. Именно этот вывод Шехурдина явился толчком к проведению ряда последующих опытов подобного рода другими исследователями (растениеводами и земледельцами), которые в дальнейшем стали основой для введения в с.-х. практику раздельной уборки зерновых. Использование раздельной уборки, как известно, в свое время дало с.-х. предпрятиям зоны большой экономический эффект в форме снижения потерь зерна при уборке (особенно сильно засоренных участков полей) и очистке и сортировке семян, повышения технологических и посевных качеств зерна пшеницы.

Считая, что с выведением сорта работа селекционера не заканчивается, А. П. Шехурдин большое внимание уделял и организации работ по семеноводству, выращиванию высококачественных семян созданных им сортов. Им разработан и применен на практике метод предварительного размножения и проверки перспективных номеров до их районирования. Суть этого метода в том, что одновременно с передачей сортов в государственное сортоиспытание (ГСИ) его семена передавались в передовые колхозы и совхозы для размножения и производственного испытания. При этом наряду с ГСИ хозяйственная оценка и размножение семян перспективного сорта наглядно показывали его преимущества, способствовали расширению его популярности среди тружеников села и в конечном итоге ускоряли внедрение нового сорта в производство, способствуя тем самым повышению его эффективности. Это предложение А. П. Шехурдина нашло свое отражение в постановлении Совнаркома СССР от 25 февраля 1945 года «Об улучшении семеноводства зерновых культур».

Большое хозяйственное значение для земледельцев Нижнего Поволжья, прежде всего для практического семеноводства, имели и имеют ныне результаты опыта, проведенного А. П. Шехурдиным по вопросу использования недоразвитого зерна для посева в поле. Необходимость изучения данного вопроса он поясняет следующим образом: «В условиях сурового Нижнего Поволжья нередко создаются такие моменты, когда в период налива зерно подвергается «захвату» и обычно признается непригодным для высева в поле. Может быть, с точки зрения практического земледелия подобное решение и представляется вполне целесообразным, но с точки зрения семеноводства в таком решении заключается слишком много пагубных последствий. Прежде всего если в условиях нашего засушливого климата возникает возможность получения в урожае незрелого зерна, то встает и вопрос о ввозе семян из других регионов, в большинстве случаев мало соответствующих по своим климатическим условиям климату нашего края. В результате приспособленные местные сорта заменяют инорайонными, дающими пониженный урожай. Весьма вероятно, что

Реестр сортов мягкой пшеницы лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы

№п/п	р-н	Сорт, краткая родословная	Год				
			скрещ(ию)	ГСУ	р-н	снят	использов.
1	1	Лют 62= и.о. Местная Полтавка	1911	1923	1924	1983	60
2	2	Альб 604= и.о. Местная Полтавка	1911	1923	1924	1951	27
3	3	Альб 721= и.о. Местная Полтавка	1911	1923	1924	1941	17
4	4	Эр 341= и.о Селивановский Русак	1911	1923	1929	1961	35
5	5	Саррубра= Белотурка/М.Полтавка	1912	1927	1931	1968	39
6	6	Сарроза = Белотурка/М.Полтавка	1912	1927	1931	1940	10
7		Лют 3221= и.о. Местная Полтавка	1913	1935			
8		Эр 78/01= Гордеиформе 5783/Лютесценс 1247	1918	1934			
9	7	Эр 82/02= Гордеиформе 5783/Лютесценс 1247	1918	1937	1945	1965	22
10		Велютинум= Гостианум 237/Лют62	1918	1938			
11	8	Лютесценс 53/12= Лют 91/3/Гр./М.Полт./ //Л1272	1918	1937	1944	1965	21
12	9	Лютесценс 55/11= Эр 341/Лют 62 (естеств. гибрид)	1928	1937	1946	1964	19
13	10	Альб 43= F ₁ (Альб357/Л91)/ F ₁ (Л311/Л91)	1925	1939	1946	1975	30
14	11	Альб 24= Лют91/Сарроза	1925	1940	1957	1976	24
15	12	Сар210= Лют 91/3/Гр./М.Полт./ //Л1272/4/ Сарроза	1927	1944	1954	1984	32
16		Альб 21= Лют 91/3/Гр./М.Полт./ //Л1272/4/ Сарроза	1927	1938			
17	13	Лют 758= Китчинер/Лют62	1929	1941	1947	1983	37
18	14	Сар 33 = Китчинер/Лют62	1929	1957	1963		
19		Лют 605= Маркиз/Эр341	1931	1941			
20		Сар 27= Хард Федер/Прелюд./ //Лют62	1931	1948		1956	
21		Стекловидная 1= А857// Грекум/Лют?//Л1272/Л91....	1931	1952			
22		Сар 28= Саррубра/Китчинер	1933	1948			
23	15	Сар 38= Альб 43/Саррубра	1933	1959	1963	1985	23
24		Сар 32= Тетчер/Лют53/12	1936	1956			
25	16	Сар 29=Альб 24/Лют55/11	1938	1949	1957		54
26	17	Сар 36= Альб 24/Лют55/11	1938	1958	1962	1982	21
27	18	Сар 39= Альб 24/Лют55/11	1938	1963	1968		
28		Сар35= Хоросаникум 1248/Л62//Сербский лют./Сарруб.	1940	1958			
29	19	Сар 42= Альб 1616/С38	1959	1968	1973		38
30		Сар 51= Альб1616/Альборубрум 1580	1959	1976			
31	20	Сар 44= F ₁ (С29/А43)/ F ₁ (А43/Саррубра)	1959	1970	1976		
32	21	Сар 45= F ₁ (Селкирк/С38)//С38	1961	1972	1979		
33	22	Сар 46= F ₁ (А1616/Селкирк)/ F ₁ (А1615/С38)	1960	1974	1977		
34		Сар 50= F ₁ (А1616/Селкирк)/ F ₁ (А1615/С38)	1960	1976			
35		Сар 48= F ₁ (Селкирк/С45)/ F ₁ (Селкирк/Стекл.1)	1960	1975			
36		Сар 49= Ли/С39//С39	1966	1975			
37		Сар 52= С36/Нададорес 63	1968	1977			
38	23	Сар 54= Миннесота 2705/Альб 1697	1966	1979	1983		
39	24	Сар 55= С29/С51	1967	1982	1986		
40		Сар 56= F ₁ (Ли/С39)//С39//С44//С44	1962	1983			
41	25	Сар 58= С46/С39	1975	1987	1991	2006	16
42	26	Сар 60= F ₁ (С46/Л1876)/ F ₁ (С46/Л1875)	1980	1992	1995	2008	14
43	27	Сар 62= С55//С52/С36	1981	1993	1997	2006	10
44	28	Сар 66= С46/Альб1872	1980	1997	2000		11
45	29	Сар 64= Эр1976/С60	1986	1997	2000		11
46	30	Сар 68= Целинная 20/С60	1987	2000	2003		8
47	31	Сар 70= Альб 2015/Леукоспермум 1983	1990	2000	2002		9
48		Сар 72= Альб 2015/Леукоспермум 1983	1990	2004			
49		Сар 71= Лют 2026/Эр 2032	1992	2004			
50	32	Сар 73= Лют 2014/Т. timopheevii	1991	2006	2008		3
51	33	Сар 74=С68/А2093//А2093/С70	1992	2010	2012		
52		Асар = Альб 1987/Альб 2015	1989	2010			
53		Сар 75=Прох.//Л2052/Л2033/3/Л2052/Прох.	2003	2016			

Лют. 1247 и Лют. 1272 – и.о. из М.Полтавки; Лют. 311 и Альб. 357 – Грекум из Ср. Азии/М.Полт./ //Лют1272; Альб. 1615 и Альб. 1616 – Сар.29/Альб.43.

Реестр сортов твердой пшеницы лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы

№		Сорта твердой пшеницы, краткая родословная	Год				
передан	р-н		скр (ию)	ГСУ	р-н	снят	исп.
1	1	Гордеиформе 432 = и.о. Белотурка	1911	1924	1929	1976	47
2	2	Гордеиформе 5695= и.о. Белотурка	1917	1937	1954	1977	23
3		Гордеиформе 5866= и.о. Белотурка	1913	1937			
4		Кандиканс 75/09= ест.гибр. Горд432/Лют62	1918	1937			
5		Кандиканс 76/10= - « - - « - - « -	1922	1936			
6		Мутико-Валенсия С-89= Горд/Мелянопус//Субаустрале	1925	1940			
7		Мутико-Валенсия 381= Горд/Мелянопус//Субаустрале	1925	1944			
8		Мутико-Валенсия С-31= Горд/Мелянопус//Субаустрале	1933	1938			
9		Сар 31= Т. turgidum(Алжир)/Гордеиформе 432	1933	1952			
10		Сар 34= Мелянопус 1932/М.-Валенсия 381	1942	1957			
11		Сар 37= Мел962(Алжир)/Кандиканс 76/10	1933	1959			
12	3	Сар 40= Мел69//F ₁ (Луек983(Италия)/Мел69//С34	1954	1966	1974		
13	4	Сар 41= Кандиканс 75/09/Мелянопус 1532	1953	1968	1975		
14	5	Лук.43-Сар.= Горд5866/Т.ае.(смесь сортов)	1955	1970	1975	1976	1
15		Сар 47= Мелянопус 26/Харьковская 46	1962	1973			
16		Сар 53= Саратовская 34/Леукоспермум 1653	1962	1979			
17	6	Сар 57= Леукоспермум 1699/Харьковская 51	1967	1984			
18	7	Сар 59= WSMP-13(США)/Мелянопус 1700	1974	1988	1992		
19	8	Сар.зол.(С61)= Луек1838/Леукоспермум 1830	1978	1989	1993		
20	9	Людмила= Луек1803/Д-2629(Шортанды)	1979	1992	1995		

земледельцу будет гораздо выгоднее получить лишь в один год пониженный урожай при использовании щуплых семян и сохранить местный посевной материал, чем, пользуясь ввозными семенами, получать пониженный урожай в течение нескольких лет» [там же, с. 98]. По итогам изучения данного вопроса А. П. Шехурдин делает вывод: «Опыты по применению для посева в полевых условиях семян различной стадии развития приводит нас к следующему заключению. Без особого ущерба для урожая можно употреблять для посева и не вполне развившиеся семена. В случае необходимости можно использовать и совершенно щуплые семена, но при этом... придется против теоретического расчета увеличить норму высева на 40–50%» [там же, с. 104].

Много внимания и заботы, помимо основной работы, Алексей Павлович уделял вопросу сортового контроля как важнейшей части семеноводства, несколько лет руководя работами по грунтовому контролю. Немало сделал А. П. Шехурдин лично и по подготовке агрономов-апробаторов, проводя лекции для них на ежегодных курсах по апробации сортов яровой пшеницы. Он принимал непосредственное участие в составлении и опубликовании нескольких выпусков руководств по апробации полевых культур.

Все, кто знал при жизни Алексея Павловича Шехурдина, прежде всего отмечают такую черту его характера, как неистощаемое трудолюбие, которое всегда и всех поражало. Его рабочий день начинался нередко еще до восхода солнца и заканчивался глубоким вечером. С записной книжкой в руках он раз за разом обходил участки, вглядываясь в колосья, находя в них заметные только ему отличия. Он часами просиживал в лаборатории, занимаясь браковкой материала по зерну. Казалось, что ему просто трудно расстаться со своими «питомцами». Он заранее тщательно обдумывал, планировал тот или иной вид работы, благодаря чему выполнение любого задания шло без лишнего шума. Он сам все делал очень старательно, тщательно и требовал такого же добросовестного отношения к делу и от всех сотрудников лаборатории. В то же время он был очень внимателен к нуждам последних.

Алексей Павлович был ровен, выдержан, скромнен, обязательен. Эти свойства его характера чувствовались во всем: в манере одеваться (из-за чего корреспонденты часто принимали его за простого рабочего), в отношении к сотрудникам и в оценке своих трудов. В работе бывало всякое, и у Алексея Павловича были основания для недовольства сотрудниками. По внешним проявлениям это можно было понять: он начинал краснеть, тихонько посапывать носом, все понимали – Шехурдин в гневе. Но проявления этого гнева редко кто видел. Он никогда ни на кого не повышал голоса, чаще всего Алексей Павлович пригласил провинившегося сотрудника к себе и беседовал с ним наедине, и этого оказывалось вполне достаточным.

Среди селекционеров-растениеводов А. П. Шехурдину принадлежит особое место. Одним из главных итогов почти 40-летней научной деятельности А. П. Шехурдина служит создание 39 сортов яровой мягкой и твердой пшеницы, из которых 17 в разное время были районированы и занимали большие посевные площади. Так, в 1985 г. (через 34 года после его кончины) сорта Лютесценс-62, Альбидум-43, Саратовская-29, Саратовская-33, Саратовская-36, Саратовская-38, Саратовская-39, Саратовская-210, основным автором которых является Алексей Павлович, занимали 12,6 млн га, или 39,4%, всех сортовых посевов яровой пшеницы по СССР. Из них 6 сортов (исключая Лютесценс-62 и Альбидум-43) по качеству зерна соответствовали требованиям сильной пшеницы. Его сорта – сорта высоко востребованные производством, широко распространенные и долговечные. Селекционные успехи А. П. Шехурдина, безусловно, определяются разнообразием и богатством изобретаемых и применяемых им методов работы. Известно, что наиболее значимые результаты получают при первом обращении к конкретному методу [9].

Достоинными продолжательницами начатого им дела стали его ученики-последователи – доктора с.-х. наук В. Н. Мамонтова и Л. Г. Ильина, руководившие лабораторией селекции и семеноводства яровой пшеницы соответственно с 1951-го по 1972-й и с 1973-го по 1986 гг. Л. Г. Ильина и в последующем многие годы являлась кон-

сультантом лаборатории. Успешно руководили лабораторией также А. Н. Галкин и А. И. Кузьменко. За период 1910–2016 гг. коллективом создано 53 сорта яровой мягкой пшеницы, из которых в разное время было районировано 33, в том числе 9 сортов-миллионников, которые имели распространение в стране на площади более 1 млн га каждый.

В последние годы на поля Нижнего Поволжья и Южного Урала вышли новые сорта яровой мягкой пшеницы селекции лаборатории Саратовская-68 (с 2003 г.) и Саратовская-70 (с 2002 г.), Саратовская-73 (с 2008 г.). В новом сорте удалось соединить толерантность к бурой ржавчине и мучнистой росе, устойчивость к пыльной головне и полеганию с более высокими урожайностью. С 2012 г. в 8-м и 9-м регионах допущен к использованию сорт Саратовская-74. В 2016 г. передан на государственные испытания на хозяйственную пригодность новый сорт Саратовская-75.

Литература

1. Ильина Л. Г. Основоположники Саратовской селекции А. П. Шехурдин, В. Н. Мамонтова / Сост. Т. В. Токарева. – Саратов: Изд-во Саратовского педагогического института, 2000. – Ч. 2. – 34 с.

2. Кузьменко А. И. Алексей Павлович Шехурдин: Очерк жизни и деятельности. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2006. – 28 с.: ил.

3. Стебут А. И. Труды Саратовской областной сельскохозяйственной опытной станции. Отчет селекционного отдела. – Выпуск I II. Саратов, 1915. – 445 с.

4. Шехурдин А. П. Избранные сочинения. – М., 1961. – 327 с.

5. Ильина Л. Г. Селекция саратовских яровых пшениц. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1996. – 132 с.

6. Вавилов Н. И. Избранные сочинения. Генетика и селекция. – М., Изд-во «Колос», 1966. – 559 с.

7. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции. – М.: Наука, 1987. – 512 с.

8. Мартынов С. П. Родословные, генетические характеристики, происхождение 20000 сортов и линий пшеницы. – Саратов, 1990. – Каталог. – Т. 1–4.

9. Сайфуллин Р. Г., Гурьянова К. Ф., Данилова В. А., Бекетова Г. А., Давыдов С. Д. Изменения схем гибридизации яровой мягкой пшеницы в ходе развития саратовской селекционной школы / Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 5. – С. 24–26.

УДК 633.111»321»575.222

Стратегия и технология селекции пшеницы на расоспецифическую устойчивость к листовой ржавчине в Поволжье

Strategy and technology of wheat breeding for race-specific leaf rust resistance in the Volga region

В. А. КРУПНОВ

ФГБНУ «НИИСХ

Юго-Востока»,

г. Саратов

e-mail: vasilij_krupnov@mail.ru

V. A. KRUPNOV

Federal State Government-Funded
Scientific Institution

«Agricultural Research Institute of
South-East Region», Saratov

e-mail: vasilij_krupnov@mail.ru

Обобщены результаты работы лаборатории генетики и цитологии ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» по разработке и осуществлению стратегии и технологии селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине за период с 1973 года. Отмечено значение создания и изучения наборов почти изогенных линий и аналогов сортов, различающихся по различным морфологическим, физиологическим признакам и Lr-генам/транслокациям от различных сородичей пшеницы, а также роль сотрудников, аспирантов и соискателей в выполнении этих исследований в засушливом Поволжье. Показан вклад коллектива лаборатории в практическую селекцию яровой мягкой пшеницы на основе использования Lr19-транслокации от *Ag. elongatum* и 6Agi(6D)-хромосомы от *Ag. intermedium*, а также генов, детерминирующих более продолжительный период вегетации, устойчивость к полеганию, отзывчивость на улучшение технологии возделывания.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, листовая ржавчина, расоспецифическая устойчивость, транслокация.

*The results of work of the Laboratory of Genetics and Cytology of Federal State Government-Funded Scientific Institution «Agricultural Research Institute of South-East to develop and to implement strategies and breeding technology of spring wheat for resistance to leaf rust in the period since 1973 is summarized. Significance of creation and research of sets of near isogenic lines and analogues of varieties, which vary in different morphological and physiological characteristics and Lr-genes/ translocations from different wheat congeners, as well as role of employees, aspirants and candidates in this research in dry Volga Region, is observed. The contribution of the laboratory staff to practical breeding of spring soft wheat on the basis of the use of Lr19-translocation from *Ag. elongatum* and 6Agi(6D)-chromosome from *Ag.**

intermedium, as well as genes, which are determined with more extended period, lodging resistance, responsiveness to improvement of cultivation technology are shown.

Key words: spring soft wheat, leaf rust, race-specific resistance, translocation.

К написанию этой статьи меня побудил выход в свет в марте 2016 года очередного выпуска журнала «Аграрный вестник Юго-Востока» (от 2015 года), в котором опубликована статья, посвященная итогам работы лаборатории генетики и цитологии в НИИСХ ЮВ со дня ее организации [44]. Результаты работы нашего коллектива представлены следующим образом: «Лаборатория генетики и цитологии ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» организована в 1973 году. Первым заведующим был В. А. Крупнов, д. б. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ. Первоначальные исследования концентрировались на изучении цитоплазматической и генной мужской стерильности у мягкой пшеницы, создании полной моносомной серии на сорте Саратовская-46, ряда почти изогенных линий с целью изучения эффектов генов, определяющих окраску зерна, остистость-безостость, высоту растений, реакцию на фотопериод, устойчивость к стеблевому пильщику, опушения листа у твердой пшеницы. В 1996 году заведующим лабораторией стал к. б. н. Сибикеев С. Н. (с 2002 года — доктор биологических наук), и исследования в основном стали концентрироваться на расширении генофонда мягкой пшеницы за счет интрогрессии чужеродной генетической изменчивости...» [44] (Сибикеев, Дружин, Крупнов, 2015). Поскольку в написании этой статьи я не участвовал, но указан как соавтор, считаю необходимым дать пояснение и дополнение.

Исследования по ГМС и ЦМС «концентрировались» не в лаборатории генетики и цитологии, а в отделе селекции озимых культур, где нами [14, 50] были подготовлены диссертации по специальности «Генетика». Уже в 1972 году я переключился на разработку программы работы для лаборатории генетики и цитологии, которая была открыта в сентябре 1973 года.

В статье не отражен главный вклад лаборатории генетики и цитологии в теорию и практическую селекцию яровой мягкой пшеницы — создание сортов, получивших распространение не только в Саратовской области, но и далеко за ее

пределами. Еще в 2002 году мои ученики отметили: «Положительно оценены его исследования по оптимизации селекционного процесса, разработке стратегии генетической защиты пшеницы от листовой ржавчины в Поволжье» [43]. В чем новизна нашего подхода к селекции яровой мягкой пшеницы в НИИСХ Юго-Востока?

Стратегия и технология селекции на устойчивость к листовой ржавчине

В Поволжье, в отличие от многих других регионов страны, пшеница чаще и сильнее страдает не от ржавчины или других патогенов, а от засухи. Поэтому селекция на устойчивость к засухе всегда считалась и сейчас считается главной задачей [49, 53, 32, 12].

Однако во второй половине XX века потепление климата, увеличение годового количества атмосферных осадков, улучшение технологий позволило сокращать посеы яровой пшеницы, заменяя ее озимой как более урожайной культурой. В результате всех этих изменений улучшилась среда для развития эпифитотий листовой ржавчины и других патогенов и массового размножения вредителей, особенно на яровой пшенице. В этих условиях все актуальнее становилась селекция на устойчивость к биострессорам, особенно к листовой ржавчине. В Поволжье, как и в других регионах нашей страны и за рубежом, развернулась дискуссия о вертикальной (ныне: расоспецифическая, качественная) и горизонтальной (ныне: расонеспецифическая, количественная, частичная, возрастная) устойчивости к патогенам и использовании этих типов в селекции. В связи с тем, что расоспецифическая устойчивость весьма быстро преодолевается патогеном, нередко до завершения очередного селекционного цикла или сразу после его завершения, более заманчивой представляется селекция на расонеспецифическую устойчивость. Тем не менее наш коллектив избрал первое направление как более доступное. По предложению В.Н. Мамонтовой в качестве основного объекта был избран сорт Саратовская-29, который к тому времени получил беспрецедентное распространение в республиках бывшего СССР – свыше 21, 2 млн га.

Нам предоставили две теплицы общей площадью около 400 м² и четыре импортные климатические камеры, каждая площадью 3,6 м². Нами была разработана технология выращивания в климатических камерах до 5 урожаев (при сокращении периода от посева до уборки растений до 55–60 сут.), а в теплицах – двух поколений [16]. Здесь производили скрещивания, включая и беккроссы. В теплицах и камерах весь селекционный материал искусственно заражали местной популяцией и отдельными изолятами листовой ржавчины. Затем в поле все устойчивые к патогену генотипы оценивали не только на устойчивость к био- и абистрессам, но также на продуктивность и другие признаки.

Эта селекционная технология позволила в короткий срок создать на генофоне сорта Саратовская-29 многочисленные аналоги и почти изогенные линии (свыше 180 линий) [23], которые использовались для изучения агрономической роли генов / признаков [6, 7, 22, 35], а также послужили материалом для создания новых сортов яровой мягкой пшеницы [34, 39, 40], подготовки кандидатских и докторских диссертаций.

Госкомиссия по сортоиспытанию уже в 1980 году оценила такие аналоги, как АС29, Пысар29 (ПС29) и Эгисар 29(ЭС29) на 10 «ключевых» ГСУ Поволжья, Урала, Сибири и Казахстана. В этих опытах выделился ПС29 (Пысар С29), содержащий Lr19-транслокацию от пырея. В Саратове в 1978 году в условиях сильной эпифитотии листовой ржавчины урожаем сорта С29 составил 42 ц с 1 га, а линии ПС29 – 47 ц с 1 га, при значимо более высоком содержании белка в зерне.

Однако сразу же после сигнала в ЦК КПСС о том, что предпринимается попытка выдающийся сорт сильной пшеницы (Саратовская-29) заменить кормовым аналогом, уже с 1981 испытания ПС29 были прекращены. Между тем сорт АС 29 был допущен к районированию с 1984 года. Важно отметить, что благодаря использованию климатических камер сорт АС29, как и ПС29, был создан за 4 года (от первого скрещивания до передачи сорта на государственные испытания).

Учитывая, что Lr19-транслокация не только защищает растения от ржавчины, но также положительно влияет на урожай зерна, содержание в нем белка и клейковины, коллектив лаборатории предпринимал многочисленные попытки разорвать сцепление между геном устойчивости к ржавчине и геном окраски муки, однако безуспешно.

После развала СССР желтизна муки не стала препятствием для допуска сортов к использованию в производстве. В этих условиях линия ПС29 явилась донором Lr19-транслокации для создания таких сортов, как Л503 (1993 г.), Л505 (1996 г.), Добрыня (2002 г.), Лебедушка (2009 г.), в соавторстве с сотрудниками Самарского НИИХ был создан сорт Самсар (1994 г.), с сотрудниками Самарского НИИСХ и Актюбинской опытной станции Казахстана – сорт Волгоуральская (1997 г.) (табл. .

Таблица

Сорта, созданные с участием Lr14a-гена, Lr19-транслокации и/или Agi6B(6D)-хромосомы

Донор транслокации	Сорт	Год
Lr14a от <i>Triticum dicoccum</i> (Schrank) Schuebl.	АС29	1984
	Альбидум-31 (совместно с Краснокутской селекционно-опытной станцией)	1994
ПС29= C29*7 / <i>Ag-atha</i> (Lr19/Sr25)/ (6*)Thatcher от <i>Agropyron elongatum</i>	Л503	1993
	Самсар (совместно с Самарским НИИСХ)	1994
	Л505	1996
	Волгоуральская (совместно с Самарским НИИСХ и Актюбинской опытной станцией Казахстана)	1997
	Добрыня	2002
Агис 503(6Agi(6D)-хромосома <i>Ag. intermedium</i>	Белянка	1999
	Фаворит	2004
	Воевода	2008
	Лебедушка (Lr19)	2009

Кроме того, ПС29 входит в родословные сортов Экада-6 (Самарский НИИСХ), Кинельская нива (Поволжский институт селекции) и ряда других сортов [34]. В НИИСХ Юго-Востока линия ПС29 также вошла в родословные таких сортов, как Белянка (1999 г.), Фаворит (2004 г.), Воевода (2008 г.), в которых одна из хромосом пшеницы замещена гомеологичной 6Agi-хромосомой от *Ag. intermedium*; эта пырейная хромосома детерминирует устойчивость не только к листовой ржавчине, но также к стеблевой, желтой ржавчине, мучнистой росе. Чужеродные гены, сыгравшие важную роль в нашей работе, получены не нами – автор Lr19-транслокации канадский генетик D. Knott, а линии сорта Саратовская-29 с замещением пшеничной хромосомы 6Agi хромосомой от *Ag. intermedium* – российский генетик М. Е. Синиговец из ВНИИ фитопатологии [47]. Следует отметить, что все новые сорта отличаются от сорта Саратовская-29 не только устойчивостью к листовой ржавчине и другим болезням, но также более продолжительным периодом вегетации, более продуктивным колосом, устойчивостью к поле-

ганию и рядом других признаков, обеспечивающих более высокий урожай зерна.

Летом 1994 года меня пригласили на Всероссийский день поля в ЗАО имени Гагарина Оренбургской области. Наш сорт Л503 на огромном поле (550 га) выглядел замечательно, несмотря на то что область была охвачена эпифитотией листовой ржавчины. В этих условиях урожай Л503 составил в среднем 34,3 ц, а сорта Саратовская-42 – только 14,4 ц [18]. Широкое распространение сортов Л503, Самсар привело к появлению на них вирулентного патотипа [57] и резкому изменению повожской популяции листовой ржавчины [45]. Между тем от всех ее вирулентных патотипов до сих пор весьма эффективно защищены сорта, содержащие 6Agi-хромосому, а также линии, имеющие ген Lr19 в комбинации с другими генами [44].

Неоценимый вклад в достижения нашего коллектива внесли старший научный сотрудник С. А. Воронина (с 1965 года), старшие лаборанты Е. С. Евсеева, Г. А. Спиридонова (с 1965 г.), лаборанты – исследователи Т. В. Калининцева (с 1973 года), Т. Д. Голубева (с 1977 года), а также аспиранты и соискатели, темы их диссертаций логически увязывались с тематикой лаборатории [1–5, 9, 11, 13, 21, 22, 30, 31, 36, 37, 38, 41, 42, 46, 48, 51, 52, 54]. Каждый из них, помимо выполнения собственных исследований, участвовал во всех работах, проводимых нашим коллективом как в лаборатории, так в поле и теплице. Аспиранты помогали также в нелегком семеноводстве наших сортов, где приходится «нянчить» наполненные зерном мешки весом до 40–50 кг. В работе лаборатории активно участвовал инженер-математик С. П. Мартынов, который подготовил кандидатскую и докторскую диссертации по генетике, стал соавтором сорта, занялся каталогизацией сортов [33].

Мультилинейные сорта

Смеси линий или сортов, содержащие разные гены устойчивости к болезням, но не различающиеся по фенологии и высоте растений, – заманчивый подход к стабилизации продуктивности пшеницы. Создание набора почти изогенных линий и аналогов сорта Саратовская-29, включающего следующие гены: Lr9 от *Aegilops umbellulata* Zhuk., Lr14a от *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl., Lr19 от *Agropyron elongatum* (Host) Beauvois, T3, Lr23 от *Triticum durum* Desf., LrAt от сорта Атлас-66 и T3 и T13 от *Triticum timopheevii* Zhuk (селекции Н. А. Скурыгиной из ВИР), – позволило впервые в сеялочных посевах изучить роль различных трех-семикомпонентных смесей линий пшеницы в защите растений от местной популяции листовой ржавчины, а также влияние этих смесей и их неоднократного пересева на урожай и качество зерна [5, 54]. Эти исследования также показали, что многократный пересев смесей почти изогенных линий не привел к значимому изменению соотношения между компонентами, устойчивыми к патогену, и восприимчивым компонентом. Результаты этих исследований, а также данные зарубежных ученых свидетельствуют, с одной стороны, о важности поиска новых подходов к увеличению генетического разнообразия в посевах пшеницы, с другой – об удивительной трудности решения этой проблемы [56].

Качество зерна

Создание почти изогенных линий и аналогов сортов открыло новые возможности для изучения влияния генов/признаков, а также транслокаций от различных сородичей на содержание белка в зерне, его сбор/урожай с единицы площади, реологию и хлебопекарные показатели качества зерна. Результаты этих исследований отражены в кандидатских и докторских диссертациях [27, 37, 38, 42]. Эти результаты свидетельствуют, что, несмотря на некоторые разли-

чия, чужеродные Lr-транслокации, как правило, положительно влияют прежде всего на содержание белка в зерне и его сбор с единицы площади, причем положительный эффект на качество зерна нередко наблюдается не только в годы эпифитотий ржавчины [27, 37, 38, 42, 52]. Впервые на большом наборе Lr-транслокаций от сородичей, включая 6Agi хромосому от *Ag. Intermedium*, изучено их влияние на качество спагетти, показана перспективность селекции на этот признак [52].

Устойчивость к предуборочному прорастанию

Недооценка этого признака является одной из причин нестабильности качества зерна, особенно в годы с ненастной погодой в предуборочный период. Значение этой проблемы «высветилось» уже в 1990 году, когда в Калининском районе Саратовской области на фермерских посевах наблюдалось прорастание зерна в колосе даже у такого краснотерного сорта, как Л503. По-существу, из-за этого недостатка многие фермеры отказываются выращивать белозерные сорта, хотя в середине XX века они занимали миллионы гектаров (Альбидум-43, Саратовская-38, Саратовская-42 и другие). В результате изучения сортов и многочисленных линий, содержащих различные чужеродные Lr-транслокации, установлены значимые различия между ними по устойчивости к предуборочному прорастанию, выявлены доноры для селекции на этот признак [3, 24, 26, 27, 48].

Засуха 2010 года

В Поволжье засуха – обычное явление [8, 29]. Но такой, какая сложилась в 2010 году, прежде никогда не было. На нашем опытном поле (в институте), впервые за все годы наблюдений, все без исключения сорта оставили нас без полноценных семян, несмотря на то что посев был произведен по черному, хорошо увлажненному пару. Всходы и кущение были нормальные. Аналогичная картина наблюдалась и в других научных учреждениях Нижнего Поволжья. Таким образом, несмотря на то что научная селекция на устойчивость к засухе здесь ведется свыше 100 лет, ее уровень оказался недостаточным для противостояния засухе 2010 года. Каковы причины?

Эффективность традиционного прямого отбора на урожай зерна в условиях засухи крайне низка, с одной стороны, из-за «многоликости» засухи (краткосрочная в разные периоды жизни растений или долгосрочная, нередко сочетаемая с жарой и суховеями), с другой – из-за чрезвычайно сложного, многоступенчатого генетического контроля устойчивости, включающей механизмы избегания, выживания и собственно толерантности к дефициту воды и экстремальной температуре [17, 19, 20]. В свете этого понятно, почему в зависимости от типа краткосрочной засухи в одни годы выигрывают одни генотипы, в другие годы – другие [12, 28, 32, 53]. В таких условиях отбор сортов и линий основывается главным образом на механизме избегания, который в условиях долговременной засухи существенной роли не играет, что особенно ярко показал 2010 год.

Что касается роли чужеродных Lr-транслокаций в устойчивости к засухе, ранние исследования в Саратове и Красном Куте на почти изогенных линиях показали, что в засушливые годы (1988, 1995 гг.) Lr19-транслокация не повышает урожай зерна. По-существу аналогичный результат получен при изучении линий 400R и 400S, различающихся по 6Agi(6D)-хромосоме. И это неслучайно. Экспрессия каждого из R-генов/транслокаций устойчивости к болезням или вредителям связана с затратами энергии и ассимилятов, что сказывается на адаптивности растений [13, 55]. Поэтому

адаптивный потенциал этих R-генов / транслокаций наряду с другими нужно изучать в условиях засухи не только краткосрочной, но и долгосрочной.

Заключение

Возрождение в 1965 году в Саратовском селекционном центре генетических исследований, варварски прерванных в 1937 году [21], оказалось вполне успешным. Здесь сложилась научная школа, из которой вышли 37 кандидатов наук, 5 из них стали докторами наук. Коллектив лаборатории теоретические исследования эффективно сочетает с решением актуальных задач. Здесь впервые с использованием изогенного подхода показана разносторонняя роль генов, контролирующих морфологические и физиологические признаки в адаптивности яровой мягкой пшеницы к условиям зоны; творчески разработана стратегия и технология селекции пшеницы на сочетание различных расоспецифических генов устойчивости к листовой ржавчине и другим патогенам с адаптивностью к условиям Поволжья. На основе рекомбинации создано 11 сортов яровой мягкой пшеницы, которые были допущены к использованию в производстве в Поволжье и других регионах. Эти сорта от многих других отличаются не только наличием в них генов от двух видов пырея, контролирующих устойчивость к патогенам, но также более продолжительным периодом вегетации, устойчивостью к полеганию, отзывчивостью на улучшение технологии возделывания. Однако засуху 2010 года ни один из сортов не выдержал, что связано также с несовершенством современной технологии накопления и сохранения воды в почве.

Поволжью нужна новая стратегия и технология селекции пшеницы на устойчивость к жаре и засухе, которая должна опираться не только на механизмы избегания и выживания (они эффективны при краткосрочной засухе), но также на механизмы толерантности к дефициту воды, жаре и засухе. Неотъемлемым разделом этой стратегии, дополненной ДНК-технологиями, должно быть повышение устойчивости растений к вредителям и болезням.

Литература

1. Абдюряев М. Р. Селекционная ценность интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы в Поволжье: автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2006. – 22 с.
2. Александров А. Е. Источники устойчивости яровой мягкой пшеницы к мучнистой росе в Нижнем Поволжье: автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2000. – 22 с.
3. Антонов Г. Ю. Источники устойчивости к предуборочному прорастанию и продуктивность яровой мягкой пшеницы: автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2007. – 20 с.
4. Бороздина А. В. Проявление ржаных транслокаций у яровой мягкой пшеницы в нижнем Поволжье: автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2002. – 23 с.
5. Будынков Н. И. Устойчивость к бурой ржавчине и продуктивность беккроссных линий и их смесей у яровой мягкой пшеницы в Поволжье: автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Москва, 1987. – 16 с.
6. Вьюшков А. А., Шевченко С. Н., Германцев Л. А., Крупнов В. А., Тучина Н. В., Цыганков И. Г., Цыганков В. И. Продуктивность остистых и безостых изолиний яровой мягкой пшеницы на Юго-Востоке // Биологические основы селекции. – Саратов, 1991а. – С. 159–165.
7. Вьюшков А. А., Шевченко С. Н., Германцев Л. А., Крупнов В. А., Цыганков И. Г., Цыганков В. И. Количество и качество клейковины у остистых и безостых линий яровой мягкой пшеницы на Юго-Востоке // Вопросы генетики и селекции зерновых культур на Юго-Востоке. – Саратов, 1991б. – С. 11–18.
8. Германцев Л. А., Крупнов В. А. Влияние температуры воздуха на продуктивность яровой пшеницы в зоне каштановых почв Поволжья. Вестник Рос. акад. с.-х. наук. – 2001. – № 2. – С. 33–35.
9. Дружинин А. Е. Источники устойчивости яровой мягкой пшеницы к пыльной головне в Нижнем Поволжье: автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2000. – 21 с.
10. Дружинин А. Е., Крупнов В. А. Пшеница и пыльная головня. – Саратов: Изд-во Саратовского государственного университета. – 2008. – 164 с.
11. Елесин В. А. Эффекты фотопериодической нечувствительности у яровой мягкой пшеницы в Поволжье: автореферат дис... канд. биол. наук. – Немчиновка. – 1993. – 18 с.
12. Ильина Л. Г. Селекция саратовских яровых пшениц. – Саратов: Изд-во СГУ, 1996. – 130 с.
13. Касатов В. И., Крупнов В. А. Выполненность соломины и продуктивность яровой мягкой пшеницы. Докл. ВАСХНИЛ. – 1983. – № 3. – С. 10–12.
14. Крупнов В. А. Генная и цитоплазматическая мужская стерильность растений: автореферат дис... доктора биол. наук. – Саратов, 1972. – 36 с.
15. Крупнов В. А. Генная и цитоплазматическая мужская стерильность растений. – М.: Колос, 1973. – 277 с.
16. Крупнов В. А. Итоги десяти лет работы и задачи отдела генетики и цитологии. Физиологические и генетические основы селекции. – Саратов, 1984. – С. 90–99.
17. Крупнов В. А. Некоторые аспекты генетики засухоустойчивости пшеницы. Цитология и генетика. – 1987. – Т. 21. № 5. – С. 391–396.
18. Крупнов В. А. Стратегия генетической защиты пшеницы от листовой ржавчины в Поволжье. – Вестн. РАСХН. – 1997. – № 6. – С. 12–15.
19. Крупнов В. А. Засуха и селекция пшеницы: системный подход. – С.-х. биология. – 2011, № 1. – С. 12–23.
20. Крупнов В. А. Генетическая сложность и контекст специфичность признаков урожая в засушливых условиях. – Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – №. – С. 202–2012.
21. Крупнов В. А., Давоян Н. И., Воронина С. А. Генетика // Сборник научных трудов (К 80-летию НИИ-ИСХ Юго-Востока). Селекция сельскохозяйственных культур. – Саратов, 1994. – С. 226. – 255.
22. Крупнов В. А., Воронина С. А., Садыгов С. Б. Продуктивность красно- и белозерных изолиний яровой мягкой пшеницы в черноземной степи Поволжья // Докл. ВАСХНИЛ. – 1990. – № 8. – С. 2–5.
23. Крупнов В. А., Воронина С. А., Лобачев Ю. В., Сайфуллин Р. Г., Цапайкин А. П., Елесин В. А., Касатов В. И., Семенов В. Н. Изогенные линии пшеницы Саратовского селекционного центра. Генетические коллекции растений. – Новосибирск, [1993] 1994. – Вып. 2. – С. 165–204.
24. Крупнов В. А., Крупнова О. В. Подходы по улучшению качества зерна пшеницы: селекция на число падения. Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015, Т. 19. – № 5. – С. 604–612.

25. Крупнов В. А., Сибикеев С. Н. Чужеродные гены для улучшения мягкой пшеницы. Идентифицированный генофонд растений и селекция /отв. ред. Ригин Б. В., Гаевская Е. И. – С-Петербург: ГНЦ РФ ВИР, 2005. – С. 740–758.
26. Крупнов В. А., Сибикеев С. Н., Крупнова О. В. Генетический контроль покоя и устойчивости к предуборочному прорастанию семян у пшеницы. С.-х. биология. – 2010; 3: 3-16.
27. Крупнова О. В. Качество зерна яровой мягкой пшеницы с транслокациями от сородичей: автореферат дис. ... доктора биол. наук. – Саратов. – 2010. – 44 с.
28. Кузьменко А. И. Саратовские сорта яровой мягкой пшеницы. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. – 2005. – 300 с.
29. Левицкая Н. Г., Шаталова О. В., Иванова Г. Ф. Засухи в Поволжье и их влияние на производство зерна. Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010 – 3–4 (6–7). – С. 71–74.
30. Лобачев Ю. В. Эффекты гена Lr 19 у яровой мягкой пшеницы в Поволжье. – Генетика, 1992. – Т. 28. – № 2. – 154–156.
31. Лобачев Ю. В. Селекционная ценность и проявление генов низкорослости у яровых пшениц в Нижнем Поволжье: автореферат дис. ... докт. биол. наук. – Саратов, 2000. – 36 с.
32. Мамонтова В. Н. Селекция и семеноводство яровой мягкой пшеницы. Избранные труды. – М.: Колос. – 1980. – 287 с.
33. Мартынов С. П. Генетические и феноменологические методы совершенствования селекционного процесса самоопыляющихся культур: автореферат дис. ... доктора биол. наук. – Новосибирск, 1990. – 34 с.
34. Мартынов С. П., Добротворская Т. В., Крупнов В. А. Генеалогический анализ использования двух видов пырея (*Agropyron*) в селекции мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на устойчивость к болезням. – Генетика, 2016. – Т. 52. – № 2. – С. 179–188.
35. Пархоменко А. И., Крупнов В. А. Продуктивность красно- и белозерных изолиний яровой мягкой пшеницы на каштановых почвах Заволжья / А. И. Пархоменко, В. А. Крупнов // Докл. Россельхозакад. – 1994. – № 6. – С. 5–7.
36. Садыгова М. К. Вредоносность бурой ржавчины и селекционная защита яровой пшеницы от нее в Поволжье: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 1994. – 18 с.
37. Сайфуллин Р. Г. Генетический контроль содержания белка в зерне яровой мягкой пшеницы автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Одесса, 1990. – 18 с.
38. Семенов В. Н. Продуктивность и качество зерна высокобелковых и устойчивых к листовой ржавчине линий яровой мягкой пшеницы в Поволжье: автореферат ... канд. с.-х. наук. – Немчиновка. Московская обл., 1996. – 18 с.
39. Сергеев В. В. Пшенично-пырейные линии и их использование в Заволжье. Вопросы генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур на Юго-Востоке Европейской части России. Саратов, 1994. – С. 66–69.
40. Сергеев В. В. Селекция яровой мягкой пшеницы на продуктивность и устойчивость к болезням в степном Заволжье: автореферат ... канд. с.-х. наук. – Саратов. – 2008. – 18 с.
41. Сибикеев С. Н. Генетический контроль устойчивости к бурой ржавчине и цвета муки у пшенично-пырейных линий: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Санкт-Петербург. – 1992. – 18 с.
42. Сибикеев С. Н. Чужеродные гены в селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине. – Автореферат дис. ... доктор биол. наук. – Саратов. – 2002. – 42 с.
43. Сибикеев С. Н., Воронина С. А. «Профессору Василию Ананьевичу Крупнову – 75 лет. Информационный Вестник ВОГИС, 2002; (20):3–4.
44. Сибикеев С. Н., Дружин А. Е., Крупнов В. А. Роль лабораторной генетики и цитологии ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» в решении актуальных теоретических и практических задач устойчивости мягкой пшеницы к абико-и биострессорам. Аграрный вестник Юго-Востока. – 2015, (1–2). – С. 40–41.
45. Сибикеев С. Н., Крупнов В. А. Эволюция листовой ржавчины и защита от нее пшеницы в Поволжье. Вестн. СГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2007. – Спецвыпуск. – С. 92–94.
46. Сибикеева Ю. Е. Изучение генетической изменчивости признаков в связи с андрогенезом *in vitro* у мягкой пшеницы: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Санкт-Петербург, 1992. – 18 с.
47. Синиговец М. Е. Цитогенетические основы использования пырея в селекции пшеницы: автореферат дис. ... докт. биол. наук. – Киев – 1988. – 47 с.
48. Соловов Д. П. Устойчивость яровой мягкой пшеницы к предуборочному прорастанию в Нижнем Поволжье: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. – Саратов. – 2003. – 23 с.
49. Стебут А. И. Отчет селекционного отдела // Тр. Саратовской областной с.-х. станции. – Саратов, 1915. – Вып. 3. – С. 227–445.
50. Храмова Н. А. Проявление генома *Triticum durum* Desf. в цитоплазме *Triticum timopheevi* Zhuk.: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Саратов. – 1972. – 19 с.
51. Цапайкин А. П. Генетический контроль опушения листа у яровой твердой пшеницы: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Ленинград. – 1989. – 18 с.
52. Чернева И. Н. Продуктивность и качество зерна интрогрессных линий яровой мягкой пшеницы в Нижнем Поволжье: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. – Саратов. – 1999. – 24 с.
53. Шехурдин А. П. Избранные сочинения. – М. – 1961. – 327 с.
54. Юсупов Д. А. Генетический контроль устойчивости яровой мягкой пшеницы к бурой ржавчине: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Большие Вяземы, Московская обл., 1992. – 19 С.
55. Bolton M. D. Primary Metabolism and Plant Defense—Fuel for the Fire // Mol. Plant-Microbe Interact. 2009, V. 22. P. 487–497.
56. Mundt CC. Durable resistance: a key to sustainable management of pathogens and pests. Infect Genet Evol. 2014. V. 27. P. 446–55.
57. Sibikeev S. N., Krupnov V. A., Voronina S. A., Elessin V. A. First report of leaf rust pathotypes virulent to highly effective Lr-genes transferred from *Agropyron* species to bread wheat. – Plant Breed. – 1996. V. 115. P. 276 – 278.

УДК: 633.112.1: 632.4: 632.952

Проблема «черного зародыша» и особенности технологии возделывания яровой твердой пшеницы

The problem of «glume mold» and specific characteristic of cultivation technology of spring durum wheat

С. Н. ГАПОНОВ¹, В. М. ПОПОВА¹,
Г. И. ШУТАРЕВА¹, Н. М. ЦЕТВА¹,
Т. М. ПАРШИКОВА¹, С. А. ЩУКИН²

¹ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

г. Саратов

e-mail: raiser_saratov@mail.ru

²ФГУП «Красавское», Самойловский

район Саратовской области

e-mail: oph-krasavskoe@mail.ru

S. N. GAPONOV¹, V. M. POPOVA¹,
G. I. SHUTAREVA¹, N. M. TSETVA¹,
T. M. PARSHIKOVA¹, S. A. SHCHUKIN²

¹Federal State Government-Funded
Scientific Institution

«Agricultural Research Institute of
South-East Region», Saratov

e-mail: raiser_saratov@mail.ru

²Federal State Unitary Enterprise

«Krasavskoye»

Samoylovsky rayon, the Saratov Region

e-mail: oph-krasavskoe@mail.ru

Изучено влияние обработки различными фунгицидами зерна и растений яровой твердой пшеницы в разные фазы вегетации на проявление грибных заболеваний в том числе «черного зародыша».

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, «черный зародыш», семолина, спексы, фунгициды.

The effect of treatment with various fungicides of grain and plants of spring durum wheat in different vegetative stages for the manifestation of fungal diseases, including "glume mold" is considered.

Key words: spring durum wheat, "glume mold", semolina, specs, fungicides.

Изменение климата оказывает значительное влияние на динамику фитопатогенного комплекса в Нижнем Поволжье. Исследования, проведенные Н. Г. Левицкой, О. В. Шаталовой, Г. Ф. Ивановой [2], показывают, что за 30-летний (1974–2004) период в регионе значительно увеличилась повторяемость крупных положительных аномалий температуры воздуха, особенно зимой.

Более мягкие условия зимнего периода и высокая насыщенность севооборотов пшеницей привели к ухудшению фитосанитарного состояния агробиоценоза.

Расширение площадей под озимой пшеницей и подсолнечником в Поволжье привело к нарушению севооборотов. Это способствовало распространению болезней, в том числе на яровой твердой пшенице.

Особое место среди них занимает «черный зародыш». Поражение данным заболеванием легко заметить по почернению оболочки в районе зародыша. Это ухудшает внешний вид товарных партий зерна. Мука и семолина, полученная из зерна с «черным зародышем», содержит большое число спексов (темных вкраплений), что сильно снижает степень ее белизны и ухудшает хлебопекарные и макаронные качества. Макароны, изготовленные из семолины твердой пшеницы с высоким содержанием спексов, имеют неудовлетворительный товарный вид и пониженную питательную ценность. В связи с этим снижается

цена на партии пшеницы, содержащие зерно с «черным зародышем».

По мнению ряда авторов [3], распространению грибных болезней, вызывающих появление «черного зародыша» в зерне пшеницы из Канады, в сильной степени способствовало широкое внедрение в сельскохозяйственную практику минимальной и нулевой обработки почвы.

По данным авторов, изучавших пораженность зерна «черным зародышем», это заболевание вызывает целый комплекс грибов: *Alternaria tenuis* и *Alternaria alternata*, *Helminthosporium spp.*, *Fusarium spp.*, *Stemphylium spp.*, *Nigrospora spp.*, *Penicillium spp.*, *Curvularia spp.* и другие патогены, которые были выделены из инфицированного зерна.

В процессе исследований мы обнаружили в зерне до 8 видов грибов. Зараженность составляла от 5% до 75%. В каждой зерновке одновременно идентифицировались 2–4 патогена [1].

Создание устойчивых к болезням сортов – процесс длительный и сложный. Большое значение имеет изучение фунгицидов, эффективно подавляющих грибную инфекцию, технологий их применения.

Особый интерес представляет поиск препаратов, позволяющих контролировать развитие грибной инфекции, проявляющейся как «черный зародыш».

Следует отметить, что протравливание посевного материала выполняется большинством сельхозпредприятий. Первые признаки заболеваний проявляются перед фазой колошения. Обработка фунгицидами при возникновении эпифитотий проводится крайне редко. Отчасти это связано с большими площадями, недостатком техники, погодными условиями (ветер и особенно очень высокие температуры), а также с уровнем урожайности пшеницы в условиях часто повторяющихся засух в Юго-Восточном регионе Европейской части России. При высокой стоимости препаратов в условиях весенне-летней засухи прибавка урожая не всегда покрывает затраты на проведение защитных мероприятий.

Для проведения опыта по изучению эффективности влияния фунгицидов на поражение яровой твердой пшеницы «черным зародышем» в 2014–2015 гг. был использован широко распространенный сорт Саратовская золотистая.

Эксперимент был заложен на опытном поле ФГУП «Красавское» Самойловского района Саратовской области. Площадь делянок – 50 м². Обработка фунгицидами проводилась ручным опрыскивателем с нормой расхода рабочей жидкости 100 л/га. Пробные снопы отбирались с трех площадок по 0,5 м². Обмолот на сноповой молотилке в лабораторных условиях.

Уровень заболевания у стандарта (без обработок) составлял 8,4% (табл.). Обработка семян препаратом Иншур снизила пораженность «черным зародышем» до 5%. В то время как обработка Кинто дуо положительного эффекта не имела.

Более эффективным оказалось сочетание обработок семян и растений в период вегетации. В фазу кущения мы распыляли фунгицидом Топсин М фирмы Сумитомо. Сочетание обработки им с препаратом Иншур привело к снижению заболеваемости до 3,9%. Вариант Кинто дуо + Топсин М показал результат на уровне стандарта.

Таблица

Эффективность обработок фунгицидами против «черного зародыша» яровой твердой пшеницы (ФГУП «Красавское», 2014–2015 гг.)

№ п/п	Препарат	Вариант обработки			Поражение черным зародышем, % (сред.)
		семена	кущение	колошение	
1	Стандарт	–	–	–	8,4
2	Иншур	+	–	–	5,0
3	Иншур+Топсин М	+	+	–	3,9
4	Иншур+Рекс	+	–	+	1,3
5	Кинто дуо	+	–	–	13,3
6	Кинто дуо+Топсин М	+	+	–	8,6
7	Кинто дуо+Рекс	+	–	+	6,0

При наступлении фазы колошения посевы были обработаны препаратом Рекс, который в сочетании с Иншуром показал лучший результат – снижение поражения «черным зародышем» до 1,3%.

Об эффективности препарата Рекс следует сказать отдельно. За пределами поставленного эксперимента была проведена обработка этим фунгицидом в фазу колошения пяти сортов яровой мягкой пшеницы (Саратовская-55, Саратовская-68, Саратовская-70, Саратовская-73, Саратовская-74). В этот момент ржавчины на листьях не отмечалось. Проведенный впоследствии учет показал, что при массовом развитии ржавчины на необработанных участках

Рекс эффективно подавил инфекцию, не допустив развития болезни даже до появления отдельных pustul (фото).



Эффективность препарата Рекс против ржавчины на яровой мягкой пшенице Саратовская-70 (ФГУП «Красавское», 2014 г.).

Безусловно, следует продолжить начатые исследования с целью изучения эффективности фунгицидов против «черного зародыша» на яровой пшенице в засушливых условиях Поволжского региона. Использование фунгицидов, подавляющих «черный зародыш», может стать элементом сортовой технологии возделывания твердой пшеницы, важным фактором повышения качества зерна и готовой продукции.

Литература

- Гапонов С. Н. Проблема «черного зародыша» в селекции яровой твердой пшеницы / Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Попова В. М., Цетва Н. М. // Вавиловские чтения 2015 (Сборник статей Межд. науч.-практ. конф., посвященной 128-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова, 25–26 ноября 2015 г.). – Саратов, ООО «Амирит», 2015. – С. 109–112.
- Левицкая Н. Г. Оценка современных тенденций изменения климата и их последствий для сельскохозяйственного производства в Нижнем Поволжье / Н. Г. Левицкая, О. В. Шаталова, Г. Ф. Иванова // Повышение эффективности испол. агробиол. потенциала юго-вост. зоны России. – Саратов, 2005. – С. 273–284.
- Wang H. Effects of foliar fungicides on kernel black point of wheat in southern Saskatchewan / H. Wang, M. R. Fernandez, F. R. Clarke, et al. // Canad. J. Plant Pathol. – 2002. – Vol. 24. – P. 287–293.

УДК 631.527:631.531:633.11(571.1)

Влияние генотипа и срока посева на посевные качества и морфобиологические параметры проростков семян твердой яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири

Influence of genotype and sowing date on sowing properties and morphophysiological parameters of seedlings of hard spring wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia

В. Д. ВАСИЛЕВСКИЙ¹,
Ю. В. ФРИЗЕН²

¹ФГБНУ «Сибирский НИИСХ»,

г. Омск

e-mail: vasil_plant@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Омский ГАУ»,

г. Омск

e-mail: omgaus@mail.ru

V. D. VASILEVSKY¹, Y. V. FRIZEN²

¹Federal State Budgetary Scientific

Institution «Siberian Research

Institute of Agriculture», Omsk

e-mail: vasil_plant@mail.ru

²Federal State Budgetary Educational

Institution of Higher Education

«Omsk State Agricultural

University», Omsk

e-mail: omgaus@mail.ru

Получение семян твердой яровой пшеницы с высокими посевными качествами, способных формировать гармоничные, хорошо развитые и мощные проростки, обеспечивал ее посев в конце мая. Среди изучаемых нами сортов твердой пшеницы по посевным качествам семян (энергия прорастания, всхожесть и сила роста), основным морфобиологическим параметрам проростков выгодно отличались сорта Алтайская нива и Елизаветинская, что свидетельствует о перспективности их использования в селекции твердой пшеницы в качестве доноров высоких посевных качеств семян и полноценности проростков. Селекционерам в своей работе необходимо при создании новых сортов зерновых и других сельскохозяйственных культур в обязательном порядке использовать оценку посевных качеств семян и морфобиологических параметров проростков.

Ключевые слова: твердая яровая пшеница, генотип, сорт, срок посева, посевные качества семян, морфобиологические параметры проростков, селекция.

Seeds obtaining of hard spring wheat with high sowing properties, which are able to form harmonious, well-developed and strong seedlings; it provides their sowing at the end of May. Among the varieties of hard wheat on sowing qualities of seeds (germinating energy, germination ability, germinative power) of our interest and on the main morphophysiological parameters of seedlings had the advantage the varieties: Altayskaya Niva, Elizavetinskaya, it indicates that their use is very promising in breeding of hard wheat as donors of high sowing qualities of seeds and usefulness of seedlings. Breeders in their work need to create new varieties of ce-

reals and other crops, and it is mandatory for use of the assessment of sowing qualities of seeds and morphological parameters of seedlings.

Key words: hard spring wheat, genotype, variety, sowing date, sowing qualities of seeds, morphophysiological parameters of seedlings, breeding.

Введение

Ценность семян как посевного материала зависит от целого комплекса биологических свойств, которые определяются наследственностью и условиями окружающей среды в период их формирования, налива и созревания. Показатели, характеризующие степень пригодности семян к посеву и связанные непосредственно с оптимизацией их высеву, принято называть посевными качествами. Одним из основных показателей, существенно влияющих на формирование урожая, является всхожесть семян. Другим важным показателем качества посевного материала является энергия прорастания, которая, к сожалению, пока не нормируется ГОСТом. Однако, по литературным данным она должна быть не менее 50%. И. Г. Страна [1] предлагает рассматривать энергию прорастания в качестве основного критерия пригодности семян к посеву, так как она характеризует не только активность цитоплазмы клетки, но и степень устойчивости семян к болезням в поле. Кроме того, это один из главных показателей биологических свойств семян – их жизнеспособности и полноценности [2]. Кроме оценки основных посевных достоинств семян – энергии прорастания и лабораторной всхожести, многие исследователи [3, 4] считают необходимым еще и определение силы роста и морфобиологических параметров проростков семян. Недостаточная изученность посевных качеств твердой пшеницы и в особенности морфобиологических параметров проростков в связи с сортовыми особенностями и применяемыми агротехническими приемами в условиях лесостепи Западной Сибири побудила нас к проведению соответствующих исследований.

Условия, материал и методы исследований

Нами в 2006–2008 гг. на опытном поле Омского ГАУ были изучены особенности влияния срока посева (11–13, 23–24 и 31 мая) на посевные качества семян и морфологические параметры проростков семян различных по происхождению сортов твердой яровой пшеницы: Омская янтарная, Жемчужина Сибири, Омский корунд (селекции Сибирского НИИИСХ), Алтайская нива (селекции Алтайского НИИИСХ), Елизаветинская (селекции НИИИСХ Юго-Востока). Вегетационный период (май–август) 2006 г. характеризовался как среднесухой (ГТК = 0,96), 2007 г. – как избыточно увлажненный (ГТК = 1,64) и 2008 г. – как засушливый (ГТК = 0,70). Почва опытного участка – лугово-черноземная с содержанием гумуса в слое почвы 0–30 см 3,7%. Агротехника в опыте соответствовала общепринятой в зоне южной лесостепи для твердой яровой пшеницы. Предшественник – чистый черный пар. Способ посева – сплошной рядовой сеялкой ССФК-7, норма высева – 4,5 млн всхожих зерен на 1 га, глубина посева семян – 4–6 см. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли по ГОСТу 12038-84, силу роста по методике Б. С. Лихачева [3], морфофизиологические параметры проростков оценивали по методике Ю. С. Ларионова [4].

Результаты исследований и их обсуждение

В среднем за годы исследований наиболее высокими значениями энергии прорастания (79%) отличались семена сортов Алтайская нива и Елизаветинская (табл. 1). У семян сортов Омская янтарная, Жемчужина Сибири и Омский корунд энергия прорастания была на 2–4 % ниже. Всхожесть семян испытываемых сортов была практически одинаковой, составляя в среднем за годы исследований 82–84%. Самыми высокими значениями посевных качеств отличались семена практически всех изучаемых сортов твердой яровой пшеницы, полученные с посевов, произведенных 31 мая. Исключение составил лишь сорт Жемчужина Сибири, у которого наибольшие значения энергии прорастания и всхожести семян были нами отмечены как при посеве в конце мая (31 мая), так и при посеве в начале второй декады мая (11–13 мая).

Таблица 1

Посевные качества семян различных по происхождению сортов твердой яровой пшеницы в зависимости от срока посева (2006–2008 гг.)

Срок посева	Сорт				
	Омская янтарная	Жемчужина Сибири	Омский корунд	Алтайская нива	Елизаветинская
Энергия прорастания, %					
11–13 мая	69	81	75	78	81
23–24 мая	75	66	73	76	71
31 мая	83	79	83	82	85
Среднее по сорту	76	75	77	79	79
Всхожесть, %					
11–13 мая	75	88	84	83	85
23–24 мая	81	74	79	83	77
31 мая	89	85	87	85	89
Среднее по сорту	82	82	83	84	84
Сила роста, %					
11–13 мая	69	75	79	79	78
23–24 мая	73	67	73	80	65
31 мая	83	80	81	83	89
Среднее по сорту	75	74	78	81	77

Среди показателей качества семян особое место занимает сила начального роста. По данным И. Г. Строны [5], значения силы роста семян, полученные в лабораторных условиях, близки к значениям полевой всхожести. Семена с силой роста 80% и более следует считать полноценными. В среднем за 2006–2008 гг. полноценные семена всех изучаемых сортов твердой яровой пшеницы (сила их роста составляла 80–89%) были получены нами лишь при посеве в конце мая (31 мая). При раннем (11–13 мая) сроке посева сила роста семян варьировала от 69 до 79%, причем наименьшей она оказалась у сорта Омская янтарная (69%). Наиболее высокими значениями силы роста семян (77–81%) характеризовались сорта Елизаветинская, Омский корунд и Алтайская нива.

Для реализации генетического потенциала возделываемого сорта важно понять, насколько устойчив генотип сорта, каковы механизмы его устойчивости и адаптивности в различных агроэкологических условиях и возможные пути управления этими процессами. Сделать это можно только через оценку различных морфофизиологических признаков и свойств сорта в процессе его онтогенеза, особенно морфофизиологических параметров проростков семян [4, 6]. Одним из наиболее важных морфофизиологических параметров проростка является длина колеоптиле. Известно, что чем длиннее колеоптиле, тем больше гарантия получения полноценных всходов в полевых условиях при посеве на глубину, равную этой величине. Проростки, имеющие длину колеоптиле менее 3 см, как отмечает Ю. С. Ларионов [7], не могут дать всходы при посеве на глубину 4–5 см. Для определения дефектности семян рассчитывается доля проростков с длиной колеоптиле менее 3 см.

В наших исследованиях длина колеоптиле у проростков семян изучаемых сортов твердой яровой пшеницы в среднем за 2006–2008 гг. составляла 5,4–5,8 см (табл. 2), что позволяет отнести их к группе среднеколеоптильных сортов.

Наибольшей длиной колеоптиле в среднем за годы исследований (5,6–5,8 см) отличались сорта Жемчужина Сибири, Алтайская нива и Елизаветинская. Сорта Омский корунд, Алтайская нива и Омская янтарная обеспечивали получение семян, дающих проростки с более длинным колеоптиле (5,9–6,3 см) при посеве их 23–24 мая, а Жемчужина Сибири и Елизаветинская соответственно (5,8–6,4 см) – при посеве 31 мая.

Получение наиболее мощных проростков в среднем за годы исследований обеспечивали семена сортов Алтайская нива, Елизаветинская и Жемчужина Сибири: средняя длина их ростка составляла соответственно 9,5, 9,3 и 8,8 см; а длина главного зародышевого корешка соответственно – 13,7, 14,4 и 13,4 см. Максимальными значениями длины ростка отличались проростки семян сортов Жемчужина Сибири, Омский корунд, Алтайская нива и Елизаветинская (соответственно 9,8; 8,5; 9,9 и 10,1 см), полученные с посевов, произведенных 31 мая; сорта Омская янтарная (8,6 см) – 23–24 мая.

У сортов Жемчужина Сибири, Алтайская нива и Елизаветинская наибольшими значениями длины главного зародышевого корешка (соответственно 14,1; 14,7 и 15,4 см) характеризовались проростки семян, полученных с посевов, произведенных 11–13 мая, у сортов Омский корунд и Омская янтарная (соответственно 12,5 и 13,9 см) – 23–24 мая.

Проростки семян сортов Алтайская нива и Елизаветинская в среднем отличались наибольшим количеством зародышевых корешков (4,3 и 4,5 шт.), наименьшей долей дефектных проростков с длиной колеоптиле менее 3 см (11 и 9%) и более высокой степенью гармонизации роста проростков (коэффициент симметричности роста их проростков составил

соответственно 0,76 и 0,72). Наибольшая доля дефектных проростков (17%) отмечено у сорта Омский корунд.

Таблица 2

Морфологические параметры и качество проростков семян различных по происхождению сортов твердой яровой пшеницы в зависимости от срока посева (2006–2008 гг.)

Срок посева	Сорт				
	Омская янтарная	Жемчужина Сибири	Омский корунд	Алтайская нива	Елизаветинская
Длина coleoptile, см					
11–13 мая	5,2	5,5	5,1	5,3	5,2
23–24 мая	6,3	5,6	5,9	6,2	5,9
31 мая	5,7	5,8	5,3	5,6	6,4
Среднее по сорту	5,7	5,6	5,4	5,7	5,8
Длина ростка, см					
11–13 мая	6,9	9,4	7,5	9,3	8,4
23–24 мая	8,6	7,3	8,0	9,2	9,5
31 мая	7,2	9,8	8,5	9,9	10,1
Среднее по сорту	7,6	8,8	8,0	9,5	9,3
Длина главного зародышевого корешка, см					
11–13 мая	12,3	14,1	11,9	14,7	15,4
23–24 мая	13,9	12,3	12,5	13,5	13,5
31 мая	12,7	13,9	12,1	13,0	14,3
Среднее по сорту	13,0	13,4	12,2	13,7	14,4
Количество зародышевых корешков, шт.					
11–13 мая	3,9	3,9	4,0	4,1	4,3
23–24 мая	4,0	3,9	4,0	4,5	4,4
31 мая	4,6	4,0	4,2	4,4	4,7
Среднее по сорту	4,2	3,9	4,1	4,3	4,5
Доля дефектных проростков с длиной coleoptile менее 3 см, %					
11–13 мая	17	13	21	13	13
23–24 мая	12	18	17	11	12
31 мая	6	9	14	10	3
Среднее по сорту	12	13	17	11	9
Коэффициент симметричности роста проростков					
11–13 мая	0,55	0,65	0,62	0,62	0,54
23–24 мая	0,60	0,60	0,64	0,67	0,68
31 мая	0,58	0,70	0,71	0,76	0,72
Среднее по сорту	0,58	0,65	0,66	0,68	0,65

Наши исследования показали, что если проростки семян твердой яровой пшеницы, полученные с посевов более ранних сроков сева, характеризовались более мощным ростом главного зародышевого корешка, то с более поздних сроков сева – большими значениями длины coleoptile и

ростка, а также увеличением количества зародышевых корешков. Проростки семян всех изучаемых сортов твердой пшеницы, полученные с посевов, произведенных 31 мая, отличались наиболее высокими значениями количества зародышевых корешков и коэффициента симметричности их роста и, наоборот, наименьшей долей дефектных проростков.

Выводы

Получение семян твердой яровой пшеницы с высокими посевными качествами и способностью формировать гармоничные, хорошо развитые и мощные проростки обеспечивал ее посев в конце мая.

Среди изучаемых нами сортов твердой пшеницы по посевным качествам семян (энергия прорастания, всхожесть и сила роста), морфофизиологическим параметрам проростков и доле дефектных проростков выгодно отличались Алтайская нива и Елизаветинская, что свидетельствует о перспективности их использования в селекции твердой пшеницы в качестве доноров высокого качества семян и полноценности проростков. Селекционерам необходимо в своей работе при создании новых сортов зерновых и других сельскохозяйственных культур в обязательном порядке использовать оценку посевных качеств семян и морфологических параметров проростков.

Литература

1. Строна И. Г. Посевные и урожайные свойства семян Харьковской-46 на разных фонах // Селекция и семеноводство / И. Г. Строна. – 1974. – № 3. – С. 50–55.
2. Артюхов И. П. Полевая всхожесть озимой пшеницы в связи со сроками и глубиной вспашки занятых паров / И. П. Артюхов. – Харьков: [б. и.], 1974. – 400 с.
3. Лихачев Б. С. Морфофизиологическая оценка проростков и сила роста семян // Селекция и семеноводство / Б. С. Лихачев. – 1977. – № 3. – С. 67–68.
4. Ларионов Ю. С. Оценка урожайных свойств и урожайного потенциала семян зерновых культур / Ю. С. Ларионов. – Челябинск: [б. и.], 2000. – 100 с.
5. Строна И. Г. Общее семеноведение полевых культур / И. Г. Строна. – М.: Колос, 1966. – 464 с.
6. Ларионов Ю. С. Современное семеноводство, семеноведение и их теоретические аспекты / Ю. С. Ларионов // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: сб. науч. тр. Челяб. ГАУ. – Челябинск, [б. и.], 2000. – Вып. 2. – С. 19–31.
7. Ларионов Ю. С. Глубина заделки семян яровой пшеницы в связи с длиной coleoptile и развития корневой гнили / Ю. С. Ларионов // науч. тр. Сиб. НИИСХ. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1975. – Т. 25. – С. 102–109.

УДК 633.854.78:631.527

Исходный материал для селекции гибридов подсолнечника в Поволжье

The basic material for breeding of sunflower hybrids in the Volga Region

**В. Ф. ПИМАХИН, В. М. ЛЕКАРЕВ,
А. Ю. БУЕНКОВ,
С. П. КУДРЯШОВ**
ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока,
г. Саратов
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

**V. F. PIMAKHIN, V. M. LEKAREV,
A. Y. BUENKOV,
S. P. KUDRYASHOV**
Federal State Government-Funded
Scientific Institution
Agricultural Research Institute of
South-East Region, Saratov
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Обсуждаются основные достижения и динамика изменения расового состава заразики на всех этапах селекции. Представлены характеристика линий, устойчивых к гербицидам имидазолиноновой группы, и основные направления селекции гибридов подсолнечника на ближайшую перспективу.

Ключевые слова: сорт, гибрид, селекция, расы, заразики, устойчивость.

The main achievements and dynamic of change in the racial composition of broomrape at all stages of breeding are discussed. Characteristic of the lines, which are resistant to group of imidazolinone herbicides, and the main directions of breeding of sunflower hybrids for the foreseeable future are presented.

Key words: breed, hybrid, breeding, races, broomrape, resistance.

Введение

Подсолнечник – основная масличная культура России, на которой базируется сырьевая база масложировой промышленности.

По мере роста качества жизни населения спрос на высококачественные продукты питания, в том числе на традиционное растительное масло и другие продукты (жмых, шрот), получаемые в процессе переработки, а также широкий ассортимент кондитерских изделий, производимых из семян подсолнечника, постоянно возрастает. Однако достигнутый уровень производства маслосемян еще не покрывает потребности перерабатывающей промышленности и рынка.

В настоящее время на товарных посевах высеваются сорта и гибриды с масличностью семян, близкой или на уровне биологического порога накопления жира в семенах подсолнечника. Поэтому для повышения продуктивности этой ценной культуры необходимы новые селекционные технологии, в том числе поиск и создание качественно нового исходного материала, на основе которого будут созданы новые высокопродуктивные гибриды, адаптированные для возделывания в зонах рискованного земледелия.

Анализ показывает, что наиболее значимым фактором, ограничивающим продуктивность этой ценной культуры на

протяжении практически всего периода промышленного возделывания подсолнечника, является большой урон урожаю, наносимый облигатным цветковым паразитом – заразихой (*Orobanche cumana* Wallr.)

Этот облигатный почвенный паразит не имеет собственных корней, листьев, хлорофилла и формирует только стебель, цветки и семена. Имеющиеся в почве семена заразики прорастают в корневых выделениях подсолнечника, образуют гаустории, которые проникают в корни, сосудистую систему и используют питательные вещества растения-хозяина. Из клеток гаустория, не проникших в корни, формируются клубеньки, которые заполняются питательными веществами. Из каждого клубенька может отрастать один или несколько цветоносов с многочисленными цветками и семенами. Некоторые из них не выходят из почвы, опыляются собственной пылью и образуют семена, засоряя почву [1].

В процессе длительного периода совместной эволюции с подсолнечником у этого вредоносного растения постоянно совершенствуются генетические системы, обеспечивающие паразитический образ жизни. Этому способствует высокая семенная продуктивность: каждое растение формирует до 500 000 мелких пылевидных семян, способных распространяться ветром, с.-х. техникой и другими способами на большие расстояния и сохраняться в почве более 13 лет. [2, 3].

Высокая вредоносность заразики обеспечивается и широким видовым разнообразием этого паразита и промежуточных хозяев среди культурных, дикорастущих и сорных растений [4]. И, как следствие, повышается интенсивность мутационного процесса и сокращаются сроки появления новых более вирулентных рас.

Существенное влияние на широкое распространение заразики оказывают и почвенно-климатические условия региона, расположенного в зонах рискованного земледелия. В условиях происходящего потепления климата и нарастания повторяемости разного типа засух, недостаточной влагообеспеченности и высокой (свыше 30–35°С) температуры воздуха, растения подсолнечника зачастую попадают в стрессовые условия. Как следствие, возрастает концентрация корневых выделений подсолнечника, повышается интенсивность прорастания семян заразики и возрастает количество цветоносов и вредоносность этого паразита.

Материал и методы исследований

В качестве исходного материала использовали 15 самоопыленных линий, устойчивых к гербицидам выделенных в Синтетике 5 ИМИ.

Обработку растений гербицидом Евролайтинг в дозе 1,2 л/га проводили ранцевым опрыскивателем в фазу 3–5 пар настоящих листьев. Площадь делянок составляла 35 м², в трехкратной повторности. Растения высевались по схеме 70х30 см.

Учеты и наблюдения велись по методике, принятой в селекционной практике лаборатории масличных культур ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока, и методике ГСИ. Масличность семян определяли на ЯМР – анализаторе АМВ-1006М.

Статистическая обработка экспериментальных данных производилась с использованием программы Агрос.

Результаты исследований

К моменту открытия НИИСХ Юго-Востока (бывшей Саратовской сельскохозяйственной станции) в 1911 году заразики уже распространилась на больших площадях промышленных посевов и наносила большой урон урожаю подсолнечника. Поэтому, учитывая вызовы, сложившиеся в производстве, связанные с высокой вредоносностью этого паразита, на всех этапах селекционного улучшения этой культуры до настоящего времени ведется планомерная работа по созданию сортов и гибридов с генетической устойчивостью к заразику, продуктивности и засухоустойчивости.

Первоначально исследования велись под руководством директора института, крупного ученого и организатора науки А. И. Стебута. По мере пополнения кадрами с 1915 года была создана лаборатория масличных культур, которую возглавила его ученица Е. М. Плачек.

В качестве исходного материала она использовала 126 крестьянских сортов народной селекции, хорошо адаптированных к местным природно-климатическим условиям. Среди них имелись образцы с высокой устойчивостью к заразику, ржавчине, моли, с высокой масличностью и другими хозяйственно ценными признаками. В исходный материал включались и образцы однолетних и многолетних видов подсолнечника, которые периодически поставлялись Н. И. Вавиловым после возвращения из зарубежных командировок. (В то время Николай Иванович работал в Саратове.)

Для закрепления хозяйственно ценных признаков Е. М. Плачек впервые на подсолнечнике применила метод инцухта. После селекционной и генетической проработки лучшие самоопыленные линии и гибридный материал от скрещивания их с однолетними и многолетними видами подсолнечника поступали в признаковую, генетическую и рабочую коллекцию и включались в селекционный процесс [5].

С именем этого талантливого генетика и селекционера связаны и другие наиболее значимые достижения по генетике и частной селекции подсолнечника. В процессе генетической проработки селекционного материала она установила, что устойчивость к заразику расы А контролируется доминантным геном, как простой моногенный признак. В процессе анализа расщепляющихся поколений она наблюдала и случаи более сложного наследования, что свидетельствует о популяционном составе этой расы и зарождении новых рас. По такой же моногенной схеме наследуется устойчивость подсолнечника к подсолнечниковой моли и ржавчине.

В результате многолетней работы была доказана возможность у этой перекрестноопыляющейся культуры выделять автогамные растения с высокой семенной продуктивностью и высокой масличностью семян.

Под руководством Е. М. Плачек и при ее непосредственном участии для оценки комбинационной способности линий подсолнечника впервые использовали систему диалельных скрещиваний, установили эффективность использования гетерозиса для повышения его продуктивности и сделали попытку получения гибридных семян при свободном цветении родительских линий. Однако из-за отсутствия

генетической системы, обеспечивающей полное опыление материнских форм, при свободном цветении родительских линий использовать эффект гетерозиса в полной мере не удалось [6, 7].

На основе этих теоретических разработок и созданного исходного материала в короткие сроки были выведены первые селекционные сорта с генетической устойчивостью к заразику расы А, моли, высокой толерантностью к ржавчине и другим патогенам: Саратовский-169, Саратовский-206, Саратовский-420 и Саратовский ранний. Наибольшее распространение получил сорт Саратовский-169, который высевался на небывалой до того времени площади – 1,3 млн га. По продуктивности он превышал все местные крестьянские сорта на 10–28% и высевался в Поволжье, ЦЧО, на Урале, в Сибири, а также в засушливых зонах Северо-Кавказского региона, Украины и Казахстана. Высокая морфологическая выравненность, пластичность, продуктивность, скороспелость обеспечили высокую популярность и длительные сроки – до 60 лет возделывания в производстве [5].

В 1930-е годы в Поволжье стала проникать и распространяться новая более вирулентная заразика расы Б, которая поражала все сорта, устойчивые к расе А. Однако сокращение посевов подсолнечника в 1941–1945 гг. и внедрение выносливых сортов к этой расе: Саратовский-10, Юго-Восточный, Волгарь и сортов селекции ВНИИМК, устойчивых к этой расе заразики, сдерживало распространение этой расы заразики Б [1, 8]. Повышению эффективности селекции на устойчивость к заразику способствовало и расширение штатного состава лаборатории, а также вступление в строй комплекса теплиц, позволяющих в осенне-зимний период выращивать по 2 поколения в год. Используя инфекционные фонны, в сочетании с жесткой оценкой селекционной элиты на устойчивость к заразику, в теплице удалось существенно повысить эффективность селекции и ускорить селекционный процесс в течение длительного времени.

В короткие сроки были созданы и внедрены в производство сорта: Скороспелый, Скороспелый-87, Саратовский-20, Степной-81, Саратовский-85 и гибриды: ПГ 34, Юбилейный-75, ЮВС-2, ЮВС-3, ЮВС-4, ЮВС-5; обладающие устойчивостью к расам заразики АВСД. Эти сорта включены в Реестр селекционных достижений в областях Поволжья, ЦЧО, Урала, Сибири. Максимальная площадь посева в зонах районирования в 2000–2001 гг. достигла соответственно 968 и 962 тыс. га. Использование инфекционных фоннов и общепринятых методов оценки селекционного материала в теплице позволяет ежегодно повышать устойчивость и толерантность к расе Е, уже присутствующей в этом регионе. Однако широкий поток гибридов из зарубежных стран, поступивших в последующие годы, и интенсивное распространение их на больших площадях – до 65–70% от всех сортовых посевов подсолнечника – значительно затрудняет решение борьбы с этим вредоносным паразитом подсолнечника. В процессе глобализации рынка семян и переходе на короткие ротации севооборотов происходит переопыление местных сортов, рас и разных по составу популяций заразики, завезенных с семенами гибридов иностранных фирм, что ведет к ускорению мутационного процесса и сроков появления новых вирулентных рас F, G, H.

В зарубежных странах для уничтожения и подавления заразики и других сорняков успешно применяют гибриды с генетической устойчивостью к гербицидам имидазолиноновой группы и сульфатмочевине, что позволяет возделывать подсолнечник по технологии Clearfield, Сумо, которые обеспечивают высокую защиту от сорняков в течение всего периода вегетации подсолнечника [9, 10].

Такая работа ведется в лаборатории масличных культур на основе Синтетика У5.

Работа по поиску и отбору устойчивых к гербицидам имидазолиновой группы проводилась в Синтетике И СИМИ, составленного от свободного переопыления родительских линий районированных экспериментальных гибридов собственной селекции ЮВ12, ЮВ14, ЮВ25, ЮВ26, ЮВ28, ЮВ30, ЮВ31, ЮВ32, ЮВ33; 20 гибридов однолетнего подсолнечника с дикими однолетними видами на цитоплазме *H. lenticularis* источники устойчивости к имидазолинону зарубежных стран, образцы из коллекции ВИР 50 образцов и 100 образцов из рабочей коллекции собственной селекции. В 2005 году этот материал высевался на отдельном участке; половина его обрабатывалась гербицидом Пивот, вторая – Пульсар в фазу 3–4 пар листьев. В фазу цветения изолировались лучшие по фенотипу растения. В период уборки убиралась вручную отдельно однокорзинные и многокорзинные растения. В зимний период они высевались в теплице для размножения в сосуды с песчано-почвенной смесью (в соотношении 1:3), в которые вносилась заразица: смесь из Саратовской и Ростовской областей по 200 мг/кг почвы. В последующие годы эти циклы оценки на устойчивость к гербицидам повторялись с использованием гербицида Евролайтинг в дозе 1,2 л/га, и отбирались лучшие по фенотипу самоопыленные однокорзинные и многокорзинные растения. В 2014 году началась оценка лучших самоопыленных линий, устойчивых к гербицидам имидазолиновой группы (таб.).

Таблица

Характеристика линий, устойчивых к гербицидам имидазолиновой группы, 2014–2015 гг.

Линия	Вегетационный период, суток	Урожайность семян, ц/га			Масличность, %	Масса 1000 семян, г	Высота растений, см
		2014 г.	2015 г.	Среднее			
ЮВ 12St	86	12,8	15,3	14,0	48,5	63,0	132,5
ИМИ 100	79	11,6	14,0	12,7	47,5	56,0	123,0
ИМИ 101	81	12,1	14,4	13,2	48,1	72,5	123,5
ИМИ 102	82	11,3	15,0	13,1	49,5	70,5	130,0
ИМИ 115	86	12,8	15,3	14,0	49,6	75,5	135,5
ИМИ 120	84	12,6	16,0	14,3	49,5	71,0	141,0
ИМИ 121	85	14,1	16,6	15,3	49,0	57,5	138,0
ИМИ 126	85	14,1	16,8	15,4	47,5	64,5	123,0
ИМИ 128	86	13,9	18,2	16,0	49,0	64,0	125,5
ИМИ 129	88	14,4	18,6	16,5	50,5	62,0	125,0
ИМИ 130	88	14,7	16,6	15,6	50,5	62,0	130,
ИМИ 134	89	14,6	16,7	15,6	50,4	59,5	140,0
ИМИ 135	90	15,5	16,8	16,1	51,5	58,5	125,0
ИМИ 137	91	15,6	17,5	16,5	51,4	56,5	154,0
ИМИ 138	93	15,6	18,3	16,9	51,0	61,0	157,5
ИМИ 139	95	16,0	19,7	17,8	52,5	61,0	162,5
НСР ₀₅		1,9	0,6				

На основе этих линий создаются фертильные и стерильные аналоги материнских линий лучших районированных и

экспериментальных гибридов подсолнечника. Завершена программа создания первой серии ветвистых линий восстановления фертильности с рецессивным контролем этого признака.

Выводы

Таким образом, накоплен исходный материал и создан хороший задел для ведения планомерной работы по этому приоритетному направлению инновационной селекции гибридов подсолнечника, адаптированных к возделыванию в Поволжье. Тем не менее более чем 130-летний практический опыт возделывания и результаты научных учреждений показывают, что наиболее надежная защита подсолнечника от этого вредоносного паразита может быть обеспечена только в сочетании с организационными методами и внедрением научно обеспеченных севооборотов.

Литература

1. Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Рамазанова С. А., Гучетль С. З., Челюстникова Т. А. Морфотипы заразицы, паразитирующей на подсолнечнике в Ростовской области / Масличные культуры. – Вып. 1 (142–143). – 2010. – С 38–47.
2. Целле М. А. Болезни подсолнечника / Издание УСУ ОБВ Ленинград. – 1932. – С. 52–53.
3. Целле М. А. Обследование болезней подсолнечника в Нижневолжском крае. Труды всесоюзного института зернового хозяйства. Т. 2. – Саратов, 1932. – С. 163–177.
4. Сибикеева Ю. Е., Борисов С. Ю., Михайлов М. А. Распространение заразицы кумской и заразицы бледноцветковой в посевах подсолнечника и среди сопутствующих сорняков в Саратовской области / Бюллетень Ботанического сада СГУ. – В. 12. – 2014.
5. Плачек Е. М. Селекция подсолнечника / Селекция и семеноводство, 1936. – № 8. – С. 18–33.
6. Плачек Е. М. Подсолнечник. XXV лет Саратовской селекционной станции. – М., 1930. – С. 266–318.
7. Морозов В. К. Диаллельные скрещивания и результаты применения их к подсолнечнику / Диссертация на соискание кандидата с.-х. наук. Рукопись. – 1936. – С. 106.
8. Гончаров С. В., Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Рыженко Е. Н. Селекция гибридов подсолнечника на устойчивость к новым расам заразицы / Масличные культуры. НТБ ВНИИМК. – 2012. – Вып. 1 (150). – С. 9–12.
9. Демури Я. Н., Перстенёва А. А. Передача гена устойчивости к имидазолиновым гербицидам в селекционный материал подсолнечника во ВНИИМК / Масличные культуры. – 2007. – Вып. 2 (137). – С. 18–23.
10. Горбаченко Ф. И., Усатенко Т. В., Горбаченко О. Ф. Результаты селекции подсолнечника на устойчивость к заразице (*Orobanche cumana* Will) на Дону / Масличные культуры. – 2010. – Вып. 2 (144–145). – С. 30–36.

УДК 633.14 «324».004.12:631.526.32

Результаты изучения качества зерна сортов озимой ржи

Research results of grain quality of winter ruttishness varieties

Н. Н. НУЖДИНА,
Т. Я. ЕРМОЛАЕВА,
Т. Б. КУЛЕВАТОВА,
Л. В. АНДРЕЕВА,
Л. Н. ЗЛОБИНА
ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
г. Саратов
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

N. N. NUZHINA,
T. Y. YERMOLAEVA,
T. B. KULEVATOVA,
L. V. ANDREEVA, L. N. ZLOBINA
Federal State Government-Funded
Scientific Institution
Agricultural Research Institute of
South-East Region, Saratov
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Рассмотрены результаты изучения показателей качества зерна сортов озимой ржи саратовской селекции и из коллекции ВИР. Выявлено, что оценка реологических свойств водных суспензий служит дополнительным важным показателем, который косвенно отражает содержание и качество пентозанов, и позволяет дать полную характеристику сорту озимой ржи по качеству зерна и перспективам его применения. Выделены сорта, представляющие интерес для селекции. Представлена характеристика сортов саратовской селекции.

Ключевые слова: озимая рожь, реологические свойства водных суспензий, число падения, высота амилограммы, группы, сорта саратовской селекции.

Research results of quality indicators of grain quality of winter ruttishness varieties of Saratovskiy breeding and from collection of All-Union Research Institute of Plant Breeding are considered. It is found out, evaluation of rheological properties of water suspensions is an additional important indicator, which reflects the content and quality of pentosans implicitly, and allows to give the complete characteristic of winter ruttishness variety for grain quality and perspectives of its use. The varieties are highlighted, which are of interest for the breeding. The characteristic of varieties of Saratovskiy breeding is presented.

Key words: winter ruttishness, rheological properties of water suspensions, falling number, height of amylograph curve, groups, varieties of Saratovskiy breeding.

Возделывание озимой ржи в Поволжье имеет большое значение благодаря ее засухоустойчивости и стабильности получения урожая. В 2014 году посевы данной культуры в Саратовской области были представлены 158 893 га, что составило 16% от площади озимых культур. Использование зерна озимой ржи имеет широкую направленность: от выпечки хлеба до производства кормов. В связи с этим возрастает значение исследований технологических свойств зерна озимой ржи в процессе селекции, которые дают необходимую информацию для экономически обусловленного ис-

пользования того или иного сорта данной сельскохозяйственной культуры в производстве.

Наиболее информативными показателями качества являются масса 1000 зерен, натурная масса зерна, максимальная высота амилограммы, содержание белка. По данным А. А. Гончаренко, показатель «число падения» косвенно отражает количество и качество крахмала, а также активность ферментного комплекса, а вязкость водного экстракта – количество и качество водорастворимых пентозанов, поэтому важно также проводить оценку этих признаков. На межсортовом уровне корреляция между числом падения и вязкостью составляет 0,13–0,21; то есть связь недостоверна, что свидетельствует о различной информативности данных показателей.

Цель данного исследования – выявить количественную выраженность и информативность индексов качества зерна озимой ржи на сортовом уровне.

Объектом исследований служили сорта из коллекции ВИР урожая 2007, 2009 гг.; распространенные популяционные сорта Саратовская-7, Марусенька и новые, отличающиеся светло-желтым цветом зерна, сорта Памяти Бамбышева и Солнышко. Образцы выращены в селекционных питомниках лаборатории селекции озимой ржи ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Шрот получали на лабораторной мельнице «Falling Number 3100» (Швеция); число падения (ЧП) оценивали на автоматическом приборе «Falling Number 1500»; максимальную вязкость суспензии и температуру клейстеризации на амилографе фирмы «Brabender» (Германия), а реологические свойства водных суспензий – на ротационном вискографе той же фирмы при фиксированной температуре и деформационной нагрузке. Изучали такие показатели, как начальная вязкость суспензии (BC_n), вязкость суспензии по достижении заданной температуры 42°С (нагревание в течение 7 минут, BC_0); вязкость суспензии через 10 и 30 минут эксперимента (BC_{10} , BC_{30}). Показатели измеряются в условных единицах вискографа (еВ).

Среди 84 коллекционных образцов, выращенных в благоприятных условиях 2007 года (ГТК = 0,7), выделили сорта, лучшие по массе 1000 зерен, характеризовавшиеся высоким числом падения (табл. 1).

По крупности зерна они значительно уступали стандарту Саратовская-7 ($m_{1000c} = 35,2$ г), а по числу падения превосходили стандарт (210 с).

В среднезасушливых условиях 2009 года (ГТК=0,6) сорта характеризовались высоким числом падения, но значительно различались по крупности, натуре зерна и реологическим свойствам водных суспензий на основе шрота

(табл. 2). Типичные реологические кривые на примере трех сортов показаны на рисунке.

Таблица 2

Таблица 1
Масса 1000 зерен и число падения сортов озимой ржи (2007 г.)

Название сорта	Происхождение сорта	Масса 1000 зерен, г	Число падения, с.	Название сорта	Происхождение сорта	Масса 1000 зерен, г	Число падения, с.
Heines Hellnoru	Германия	28,3	267	SMN-16	Польша	34,8	250
Hadmerslebener	Германия	24,1	264	Нейва	НИИСХ С-3	28,7	244
Зубровка HI	ВИР	25,2	260	Сталь-2 HI	Ленинградская обл.	23,6	294
Черниговская HI, Lr4, Rm2	ВИР	26,5	265	Bedecin	Румыния	26,3	320
Sentinel	Великобритания	27,9	271	Frederick	США	24,7	248
Hja 7009	Финляндия	26,4	230	Willa Pouca de Aguiar	Португалия	31,1	222
Suceava 85	Румыния	40,4	226	Elvi	Эстония	25,3	285
Cesvaines	Латвия	25,5	302	Кауро	Латвия	28,8	277
Wieloufnia	Польша	26,6	283	D. Troubsko	Польша	29,9	270
Duppler Roggen	Германия	25,5	325	Stooling	ЮАР	22,2	307
Perkow	Германия	28,5	335	Upsosa	Германия	25,5	371
B.O.st 151	Германия	27,5	254	Haru 4	Япония	29,9	251
SCW 1304	Германия	25,2	332				

Показатели качества зерна сортов озимой ржи, урожай 2009 г.

Сорт	Происхождение	Число падения, с	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Показатель реограммы (е. в.)			
					BC ₁₄	BC ₀	BC ₁₀	BC ₃₀
Саратовская-7 (St)	Россия	334	38,0	707	40	40	120	200
D. Troubsko	Польша	237	22,5	650	170	190	240	280
Willa Pouca de Aguiar	Португалия	216	–	–	190	250	320	350
Харьковская-97	Украина	269	30,9	696	170	190	270	320
Иммунер-76	Россия	275	24,9	714	170	220	310	380
Харьковская-78	Украина	304	22,9	–	150	180	250	300
Heines Hellnoru	Германия	155	25,1	732	190	280	400	480
Sentinel	Великобритания	322	24,3	708	200	240	340	430
SMN – 50	Польша	316	23,1	694	210	280	350	390
ИН – 14	Чехословакия	298	25,0	704	170	240	330	400
Зубровка HI	Россия, ВИР	328	24,6	691	280	370	490	560
Wibro	Польша	295	29,8	707	220	320	450	510
Dorna	Румыния	247	30,0	690	240	320	430	460
Харьковская-88	Украина	287	28,8	701	230	260	400	510
Луга	Россия	293	–	–	170	310	440	520
Харьковская-55	Украина	265	27,8	721	180	260	400	490
И 24/88 HI Lr ₄ Rm ²	Россия, ВИР	277	31,0	653	230	320	430	490
Жатва HI	Россия, ВИР	243	25,5	–	210	260	370	450
Волна HI	Россия, ВИР	238	30,0	633	250	380	500	550
Motto	Польша	290	29,0	708	170	360	500	590
Duppler Roggen	Германия	303	23,3	693	290	370	510	590
Jaiton	Германия	324	26,6	700	200	410	570	660
Комсомолка	Татарстан	293	22,3	–	220	350	550	690
Frederik	США	301	18,5	–	270	420	570	640
Perkow	Германия	263	28,0	700	260	400	530	590
Wieloufnia	Польша	336	26,5	702	300	440	590	660
Jana	Латвия	238	21,4	694	290	450	560	590
Харьковская 60 HI Lr ₄	Украина	214	–	–	260	380	520	590
Таежная	Россия	248	24,6	660	370	500	630	700
Нейва	Россия	306	21,6	685	250	510	680	750
Черниговская HI Lr ₄ Rm ²	Россия, ВИР	286	24,9	641	260	440	590	670
Lad 287	Польша	301	27,4	678	310	460	640	740
Hadmerslebener st 1747	Германия	299	–	–	220	350	490	580
SCW 1304	Германия	329	27,3	706	240	370	600	760
B.O. St 151	Германия	308	23,0	669	330	640	840	940
Huesca (15 D2)	Испания	292	21,4	–	320	540	750	780
Hja 7009	Финляндия	267	18,0	689	330	740	920	940
Duntus	Германия	341	22,2	703	290	540	740	850
Stran Liroge	Польша	265	30,3	714	350	640	730	770

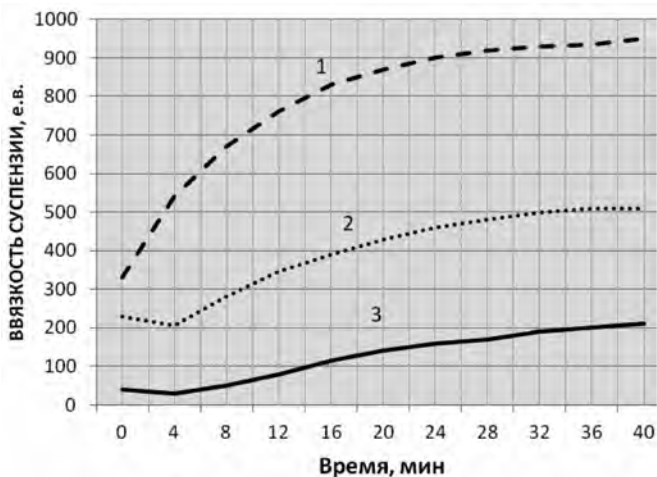


Рис. Реограммы суспензий на основе шрота озимой ржи: 1. В.О.st 151; 2. Харьковская-88; 3. Саратовская-7.

Нами установлено, что между одноименными показателями реологических свойств суспензий наблюдается достоверная высокая корреляция ($r = 0,72^{**} - 0,85^{**}$). Сравнительная оценка и анализ связи между технологическими показателями сортов различных научных учреждений выявил следующие закономерности: высокое межсортовое варьирование по реологическим свойствам водных суспензий ($CV = 26-42\%$), позволяющее дифференцировать сорта; наличие отрицательной связи между вязкостью суспензии и натурой зерна ($r = -0,56^{**} - 0,74^{**}$); между показателем вязкости и объемным выходом хлеба ($r = -0,61^{**} - 0,63^{**}$). По вязкости суспензии можно прогнозировать формоустойчивость подового хлеба (отношение H/D), так как коэффициент корреляции между ними составляет от $0,48^*$ до $0,71^{**}$. Между числом падения и вязкостью суспензии на межсортовом уровне наблюдается отсутствие достоверной связи ($r = 0,23-0,41$).

Полученные данные согласуются с данными других исследователей по вязкости водного экстракта.

Интерес представляют все четыре показателя реологических свойств суспензии, так как отражают постепенное нарастание вязкости, характерное для каждого сорта. Более ранними исследованиями было установлено, что при прорастании зерна в связи с неблагоприятными условиями уборки урожая не происходит нарастания вязкости суспензии через 10 и 30 минут эксперимента.

С учетом важности каждого показателя качества зерна озимой ржи нами выделено по вязкости суспензии (BC_{30}) 4 группы сортов, которые характеризуются следующими значениями показателя реограммы: 1 – 200 – 385; 2 – 385 – 570; 3 – 570 – 755; 4 – 755 – 940 (е. в.). Сорта, попавшие в первую группу, в связи с наименьшей вязкостью суспензии, наилучшим образом подходят для производства комбикормов. Использование их в хлебопекарном производстве позволит получить формовой хлеб с хорошим мякишем при высоких показателях «число падения» и «высота амилограммы». Сорта, относящиеся ко второй группе, в различных регионах выращивания позволяют получить более высококачественное зерно для хлебопечения. Как правило, характеризуются более высоким числом падения и по высоте амилограммы соответствуют градации для хлебопечения 350–650 е. а. Сорта, относящиеся к третьей и четвертой группам, обладают высокой вязкостью, и использование зерна в качестве компонентов кормов возможно только при какой-либо дополнительной обработке. Они представляют наибольший интерес при выпечке, позволяя получить подовый хлеб, красивый по форме, имеющий наилучшее соотношение высоты к диаметру. Наиболее перспективны сорта, сочетающие достаточно высокую вязкость с натурой зерна более 700 г/л и массой 1000 семян, близкой к 30,0 г: SCW 1304, Wibro, Motto, Jaiton, Perkow, Heines Hellnoru, IH – 14, Stran Liroge, Duntus.

Изучение сортов озимой ржи, созданных в ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», проходило в условиях 2013-го и 2014 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания. Высокий температурный режим периода март–май 2013 года и дефицит осадков сменился в июне выпадением большого количества осадков ливневого характера 141 мм (313% нормы). 2014 год характеризовался неустойчивым температурным режимом и острым дефицитом осадков в течение большей части вегетационного периода, $ГТК_{май-июль} = 0,6$, зерно сформировалось более мелкое, чем в 2013 году. Саратовские сорта формируют хорошо выполненное зерно, с хорошей стекловидностью, высокой натурной массой. Высота амилограммы составляла от 350 до 650 е. а., которая харак-

терна для муки, лучшей по хлебопекарному качеству. Данные хлебопекарного анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели качества зерна сортов саратовской селекции

Название сорта	Год урожая	Натура зерна, г/л	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Стекловидность общая, %	Высота амилограммы, е.а.	ЦЧП, с	Объем хлеба, см ³	Пористость хлеба, балл	Цвет мякиша, балл
Памяти Бамбышева	2013	737	31,3	7,52	74	530	208	560	4,8	5,0
	2014	741	27,4	8,49	64	500	221	550	5,0	5,0
Саратовская-7	2013	730	29,0	7,23	62	630	212	600	5,0	4,8
	2014	743	26,0	8,03	56	410	200	560	4,6	5,0
Марусенька	2013	732	30,2	6,72	55	490	182	560	5,0	5,0
	2014	741	27,3	8,15	60	465	211	570	4,4	4,6
Солнышко	2013	729	30,6	7,06	64	380	155	570	5,0	4,8
	2014	747	27,1	8,15	58	270	187	590	4,6	5,0

По вязкости суспензии саратовские сорта попадают в первую группу. Сорт Памяти Бамбышева в отдельные годы характеризуется более высокой вязкостью суспензии (табл. 4). Плавное повышение вязкости в течение испытания отражает хорошее качество зерна. Более низкая вязкость в 2013 году связана с осадками во время налива зерна. Зерно сорта Солнышко рекомендуется для использования в качестве компонента комбикормов.

Таблица 4

Показатели реологических свойств суспензий на основе ржаного шрота

Сорт	Показатель реограммы (е. в.), 2013 г.				Показатель реограммы (е. в.), 2014 г.			
	BC_n	BC_0	BC_{10}	BC_{30}	BC_n	BC_0	BC_{10}	BC_{30}
Памяти Бамбышева	150	150	240	280	215	265	425	465
Саратовская-7	200	180	290	340	170	190	285	315
Марусенька	190	160	250	290	180	210	340	380
Солнышко	200	180	290	340	175	170	255	285

Таким образом, находившиеся в изучении сорта озимой ржи представляют собой полноценное множество различающихся по реологическим свойствам суспензии генотипов. В зависимости от степени выраженности показателя вязкости суспензии сорта возможно разделить на 4 группы, с размерностью между группами в 185 е. в. Сорта саратовской селекции различаются между собой как по вязкости суспензии, так и по другим показателям. В сравнении с другими сортами они отличаются наименьшей вязкостью суспензии, при своевременной уборке урожая позволяют получить зерно хорошего качества по числу падения и высоте амилограммы, что делает положительным прогноз для использования как в хлебопекарном, так и комбикормовом производстве. Оценка вязкости суспензии служит дополнительным важным показателем, который косвенно отражает содержание и качество пентозанов, и позволяет дать полную характеристику сорту озимой ржи по качеству зерна и перспективам его применения.

УДК 633.112.9:631.524.8

Оценка засухоустойчивости растений сортообразцов тритикале мировой коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова

Evaluation of drought resistance plants of varieties samples of triticale from world collection of all-union research institute of plant breeding named after Vavilov N.I.

А. В. ПОМИНОВ, Т. И. ДЬЯЧУК,
И. А. КИБКАЛО, О. В. ХОМЯКОВА,
В. Н. АКИНИНА
ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
г. Саратов
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

A. V. POMINOV, T. I. DYATCHOUK,
I. A. KIBKALO, O. V. KHOMYAKOVA,
V. N. AKININA
FSBI «Agricultural Research Institute
for South-East Regions», Saratov
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Проведена оценка сортов тритикале коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова по степени повреждения клеточных мембран как косвенному показателю засухоустойчивости. Изученные сорта условно разделены на четыре группы. Выделены генотипы с наименьшим значением показателя (1 группа). Целенаправленное включение сортов этой группы в селекционные программы позволяет рассчитывать на создание ценного исходного материала тритикале для условий засушливого Поволжья.

Ключевые слова: тритикале, селекция, засухоустойчивость, проницаемость клеточных мембран.

Evaluation of triticale varieties of collections of All-Union Research Institute of Plant Breeding in the degree of cell membrane damage as indirect indicator of drought resistance was carried out. The investigated varieties were divided in to four groups tentatively. The genotypes with low value of indicator were highlighted (1 group). Purposeful including of drought resistant varieties in the breeding programmes allows to look forward to the establishment of valuable starting material of triticale for dry conditions of the Volga region.

Key words: triticale, breeding, drought resistance, permeability of cell membranes.

Засухоустойчивость – свойство растений, связанное с их способностью переносить обезвоживание протоплазмы клеток, нередко сопровождающееся и перегревом. Последствия водного дефицита многообразны. Засуха оказывает различные физиологические и биохимические эффекты на растение, включающие редуцию роста, снижение хлорофилла, увеличение перекиси водорода. Это приводит к развитию перекисного окисления липидов и повреждению мембран [1]. В клетках понижается содержание свободной воды, возрастает концентрация клеточного сока. Резко падает активность ферментов, катализирующих процессы синтеза, и возрастает активность ферментов, катализирующих процессы распада.

Клеточные мембраны являются первичной мишенью многих стрессов растений. Способность поддерживать структуру и функцию цитоплазматических мембран в условиях водного стресса является одним из наиболее важных физиологических свойств. Поддержание их целостности и стабильности в условиях водного стресса является главной составляющей засухоустойчивости растений.

Генетическое улучшение растений невозможно без применения различных методов оценки к этому абиотическому стрессу. Проницаемость клеточных мембран – интегральный показатель функционального состояния растений, свидетельствующий о выносливости к осмотическому и тепловому стрессам. Степень повреждения мембран в условиях засухи может быть определена измерением выхода электролитов из клеток. Выход электролитов – функция проницаемости, при неблагоприятных условиях являющаяся функцией степени повреждения. Этот показатель рекомендуется использовать как критерий для оценки засухо- и жароустойчивости сортов [2]. Оценка засухоустойчивости по проницаемости клеточных мембран успешно используется у мягкой [2] и твердой пшеницы [3], тритикале и кукурузы [4]. Установлено, что этот тест имеет статистически достоверные корреляции с индексом чувствительности к засухе у селекционных линий тритикале и может служить хорошим индикатором засухоустойчивости растений [5]. Изучение этого показателя не требует дорогостоящего оборудования, возможен быстрый анализ большого числа образцов при дальнейшей сохранности изучаемых растений.

Цель исследований: провести оценку проницаемости клеточных мембран у растений сортообразцов тритикале мировой коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения.

Материал и методика

Для исследований служили растения 62 сортообразцов тритикале из коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова (рис. 1).

Оценку засухоустойчивости по выходу электролитов для определения стабильности клеточных мембран проводили по методике ВИР им. Н. И. Вавилова [6, 7].

Донорные растения выращивали в полевых условиях. Для анализа использовали флаговый и подфлаговый листья в фазу колошения. Их разрезали на две половинки вдоль центральной жилки. Контрольные половинки листьев промывали в дистиллированной воде, помещали в стеклянные стаканчики и заливали 50 мл дистиллированной воды.

Опытные половинки листьев прогревали в термостате при температуре +30°C 4 часа. После этого листья помещали в стаканчики с водой. Время экзосмоса электролитов при комнатной температуре как в контрольном, так и опытном вариантах составляло 3 часа. После этого раствор кипятили в течение 3 мин., быстро остужали до комнатной температуры, доводили объем до 50 мл и снова измеряли сопротивление (контроль 2). Сопротивление измеряли с помощью кондуктометра типа «реохордного моста» RLC BRIDGE BM 498.

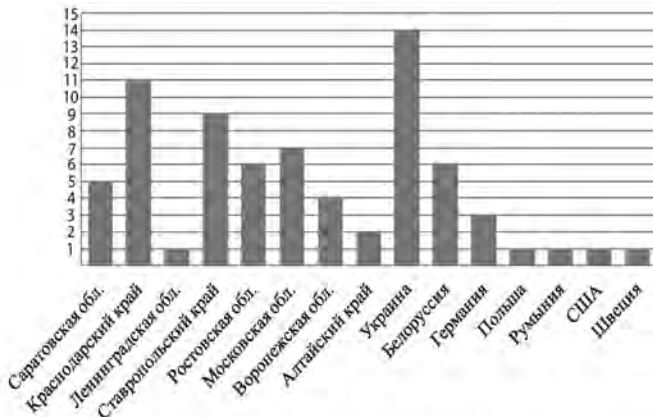


Рис. Количество изучаемых образцов тритикале мировой коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова.

Зная сопротивление вытяжек, определяли их удельную электропроводность. Для этого постоянную прибора делили на значение сопротивления, затем по формуле рассчитывали степень повреждения:

$$A = 1 - \frac{1 - T_1/T_2}{1 - C_1/C_2} * 100$$

где A – степень повреждения, %; T₁ – выход электролитов из обезвоженных (прогретых) листьев, Ом⁻¹; T₂ – полный выход электролитов из той же пробы, Ом⁻¹; C₁ – исходный выход электролитов без воздействия, Ом⁻¹; C₂ – полный выход электролитов из той же пробы, Ом⁻¹; 100 – величина для перевода показателя в проценты.

Математическая обработка результатов исследований проведена методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием Пакета программ в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.09, Тверь, 1999).

Результаты исследований

Сравнительное изучение показателя проницаемости клеточных мембран у коллекционных образцов тритикале показало значительное варьирование (от 67 до 95%) этого показателя и статистически значимую дифференциацию (табл. 1).

По величине проницаемости мембран клеток 62 изученных образца условно разделили на четыре группы (НСР₀₅ – 6,9%). В первую группу (ПМК менее 77%) вошли сорта Студент, Саргау, Юбилейная, АД 412/2, Прорыв, Стрелец, Рус, Дон, Кентавр, Корнет, Водолей, АДМ-9, АДП-2, Регион, Полесский-10, Сувенир, Эллада. Сорт селекции НИИСХ Юго-Востока Святозар имел самые низкие значения проницаемости мембран клеток (67%).

Наиболее многочисленной была вторая группа с проницаемостью клеточных мембран от 78 до 85 % (31 образец). Третью группу составили 11 образцов, имеющих проницаемость 86–93% (Валентин-90, Хонгор, Союз, Конвейер, Алтайская-4, Импульс, Разгар, Полесский-7, KS 88T 142, Pinokio, Modus). В четвертую группу (ПМК более 94%) вошли только два образца: Alemo и sv-89229 (табл. 2).

Таблица 1

Проницаемость клеточных мембран у растений сортообразцов тритикале коллекции ВИР

№ каталога ВИР	Название сорта, линии	ПМК, %			№ каталога ВИР	Название сорта, линии	ПМК, %		
		2013	2014	ср.			2013	2014	ср.
к-2899	Студент (st)	77	77	77	к-3640	Доктрина-110	84	83	84
к-3599	Саргау	78	69	74	к-3643	Линия 14	82	87	85
к-3941	Юбилейная	71	70	71	к-3641	Рондо	82	80	81
к-3620	АД 412/2	72	81	77	к-3638	Алтайская-4	84	89	87
к-3940	Святозар	64	69	67	к-3639	Алтайская-5	87	82	85
к-3761	Валентин-90	94	86	90	к-3417	Бугская	78	83	81
к-3762	Мудрец	84	76	80	к-3691	Рунь	77	79	78
к-3763	Прорыв	70	69	70	к-3689	Михась	78	82	80
к-3765	Хонгор	92	93	93	к-3925	Руно	78	82	80
к-3580	Союз	87	91	89	к-3686	Дубрава	78	78	78
к-3577	Гренадер	83	81	82	к-3757	Кастусь	81	83	82
к-3581	Стрелец	81	73	77	к-3899	Импульс	85	88	87
к-1521	Конвейер	86	90	88	к-3463	Alamo	89	80	85
i-0138505	Мир	84	83	84	к-3458	Colina	87	80	84
i-0138506	Рус	69	73	71	к-3442	KS 88T 142	90	86	88
к-564	АД Зеленый	79	83	81	–	Масловский	81	86	84
к-181	71-1793	83	80	82	к-3421	АДМ 9	80	74	77
к-3637	Дон	76	77	77	к-3628	АДП 2	71	72	72
к-3601	Кентавр	77	75	76	к-3694	Регион	78	75	77
к-3636	Корнет	78	73	76	к-3594	Полесский 7	88	84	86
к-3600	Водолей	85	69	77	к-3420	АДМ 7	79	86	83
к-3609	Аграф	83	84	84	к-3548	Фламинго	84	80	82
к-3635	Тарасовский Юбилейный	80	81	81	к-3610	Полесский 10	76	78	77
к-3562	Антей	84	81	83	к-3595	Сувенир	72	78	75
к-3619	АД 7696	81	80	81	к-3629	АДМ 11	83	82	83
к-3861	Немчиновский 56	82	78	80	к-3596	Эллада	73	80	77
к-3552	Никан 6	84	78	81	к-3418	Закарпатский многозерный	83	86	85
к-140	НАД 432	78	81	80	к-3598	Alemo	93	96	95
к-136	НАД 325	79	81	80	к-3597	Pinokio	89	95	92
к-3618	АД 4696	77	82	80	к-3507	Modus	84	88	86
к-3642	Разгар	91	89	90	–	sv-89229	95	93	94
F _{факт.}							17,4*	18,4*	5,8*
НСР ₀₅							4,3	4,3	6,9

Таблица 2

Распределение образцов тритикале коллекции ВИР по группам в зависимости от проницаемости мембран клеток

Группа	ПМК, %	Образцы коллекции ВИР
I	<77	Святозар (к-3940) [НИИСХ Юго-Востока]; Студент (к-2899), Саргау (к-3599), Юбилейная (к-3941), АД 412/2 (к-3620) [СГАУ им. Н. И. Вавилова]; Прорыв (к-3763), Стрелец (к-3581), Рус (и-0138506) [КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко]; Дон (к-3637), Кентавр (к-3601), Корнет (к-3636), Водолей (к-3600) [ДЗНИИСХ]; АДМ-9 (к-3421), АДП-2 (к-3628), Регион (к-3694), Полесский-10 (к-3610), Сувенир (к-3595), Эллада (к-3596) [Украина].
II	78–85	Мудрец (к-3762), Гренадер (к-3577), Мир (и-0138505), АД Зеленый (к-564) [КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко]; 71-1793 (к-181) [Ленинградская обл.]; Аграф (к-3609), Тарасовский Юбилейный (к-3635) [ДЗНИИСХ]; Антей (к-3562), АД 7696 (к-3619), Немчиновский-56 (к-3861), Никан 6 (к-3552), НАД 432 (к-140), НАД 325 (к-136), АД 4696 (к-3618) [НИИСХ ЦРНЗ]; Доктрина 110 (к-3640), Линия 14 (к-3643), Рондо (к-3641) [НИИСХ им. В. В. Докучаева]; Алтайская-5 (к-3639) [Алтайский НИИСХ]; Рунь (к-3691), Михась (к-3689), Руно (к-3925), Дубрава (к-3686), Кастусь (к-3757) [Беларусь]; Масловский, АДМ 7 (к-3420), Фламинго (к-3548), АДМ 11 (к-3629), Закарпатский многозерный (к-3418), Бугская (к-3417) [Украина]; Alamo (к-3463) [Польша]; Colina (к-3458) [Румыния].
III	86–93	Валентин-90 (к-3761), Хонгор (к-3765), Союз (к-3580), Конвейер (к-1521) [НИИСХ им. П. П. Лукьяненко]; Алтайская-4 (к-3638) [Алтайский НИИСХ]; Импульс (к-3899) [Беларусь]; Разгар (к-3642) [НИИСХ им. В. В. Докучаева]; Полесский 7 (к-3594) [Украина]; KS 88T 142 (к-3442) [США]; Pinokio (к-3597), Modus (к-3507) [Германия].
IV	>94	Alamo (к-3598) [Германия]; sv-89229 [Швеция].

Таким образом, в результате изучения коллекции тритикале выделены генотипы с наименьшим значением проницаемости мембран как косвенного индикатора засухоустойчивости. Наименьшее значение ПМК обнаружено у сорта НИИСХ Юго-Востока Святозар. Целенаправленное включение этих образцов в селекционные программы позволяет рассчитывать на создание ценного исходного материала этой культуры для условий засушливого Поволжья.

Литература

- Altinkut A., Kazan K., Ipekci Zi., Gozukirmizi N. Tolerance to Paraquat is correlated with the traits associated with water stress tolerance in segregating F2 populations of barley and wheat // *Euphytica*. 2001. – Vol.121. – P.81–86.
- Blum A. and A. Ebercon. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat // *Crop Sci*.1981. – V.21. – P.43–47.
- Baijai M, J.-M. Kinet and S. Lutts. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water tolerance test in durum wheat // *Plant Growth Regulation*. 2000. 00. – P. 1–10.
- Gzresiak M. T., Rzepka A., Hura T., Hura K., Skoczowski A. Changes in response to drought stress of triticale and maize genotypes differing in drought resistance // *Photosynthetica*, 2007. – Vol. 45. – P. 280–287.
- Grzesiak S., Grzesiak T., Filek W., Stabryia J. Evaluation of physiological screening tests for breeding drought resistant triticale (*Triticosecale Wittmack*) // *Acta Physiologia Plantarum*, 2003. – Vol. 25. – №1. – P. 29–37.
- Определение засухоустойчивости и жаростойкости образцов зерновых культур пшеницы и ячменя по изменению проницаемости мембран для электролитов: Методические указания / Сост. Кожушко Н. Н., –Л.,: ВИР. –1982. – 17 с.
- Способ индивидуальной оценки жаро- и засухоустойчивости зерновых культур для генетических и селекционных целей: Методические указания / Сост. Кожушко Н. Н., Карамышев Р. – М., Л.,: ВИР. – 1989. – 9 с.

УДК 633.3:631.321

Основы фитоценотической селекции бобовых трав

Bases of phytocenotic breeding of leguminose grasses

С. А. БЕКУЗАРОВА¹, В. И. ГАСИЕВ²¹ФГБОУ ВПО «Горский государственный университет», г. Владикавказ

e-mail: bekos37@mail.ru

²ФГБНУ «Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства», РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, e-mail: skniigpsh@mail.ru**S. A. BEKUZAROVA¹, V. I. GASIEV²**¹FGBY VPO «The Highlander state agriculture university», st. Vladikavkaz

e-mail: bekos37@mail.ru

²North Caucasian Research institute of mountain and foothill agriculture, RSO-Alania, Prigorodnyy rayon, s. Михайловское, e-mail: skniigpsh@mail.ru

При создании сортов лугопастбищного направления проводят оценку перспективных селекционных образцов по признаку конкурентоспособности в смеси со злаковыми и разнотравными компонентами. Выжившие растения на второй год жизни клевера более 50% из высеванных первоначально, отбирают для дальнейшей селекционной работы и формирования сортов для сенокосов и пастбищ.

Ключевые слова: бобовые травы, конкуренция, толерантность, новые сорта, злаковые травы, разнотравье.

During the creation of varieties of grassland direction will be provided an assessment of promising breeding samples based on indication of the competitiveness in the mixture with cereals and motley grass components. Survivor plants for the second year of clover life are more than 50% of initially seeded plants, will be selected for the further breeding work and formation of varieties for the haymaking and pastures.

Key words: leguminose grasses, competitiveness, toleration, new varieties, cereal grasses, motley grasses.

В современных сложных экологических условиях продуктивность горных пастбищ и сенокосов неустойчивая и в полной мере зависит от многих факторов: погодных, антропогенных, зоогенных, техногенных и других. В результате большая часть ценных кормовых и лекарственных трав выпадает, снижается их биомасса и численность, а малопоедаемые и ядовитые растения преобладают. Кроме того, разрушается дернина, происходит деградация склоновых земель, усиливаются эрозионные процессы.

Такое состояние естественных кормовых угодий требует применения ряда мероприятий по увеличению их продуктивности и сохранения ценного генофонда кормовых, пищевых и лекарственных трав.

Одним из таких мероприятий, способствующих увеличению продуктивности кормовых естественных угодий, является подсев трав с высокими адаптивными свойствами, приспособленными к данным горным условиям. Поэтому на основе сохранившихся видов необходимо провести их оцен-

ку, отбор и размножение с целью реинтродукции на деградированных пастбищах и сохранения биоразнообразия.

Изучение видов бобовых трав горных сенокосов и пастбищ, определение размеров их местообитания, адаптивных свойств, хозяйственно биологических признаков по вертикальным поясам и размножение особей представляет главную проблему по сохранению генофонда горных фитоценозов и на их основе создание новых сортов с высокими адаптивными свойствами.

Исследования ряда ученых направлены на оценку в селекционных питомниках образцов, превышающих районированный сорт по комплексу признаков [1, 2].

Однако для создания сортов сенокосно-пастбищного направления такой оценки недостаточно, так как высеванные в травостой естественного травостоя, они лишены основного признака – конкурентоспособности.

Для полноценной оценки исходного селекционного материала, селекционные образцы высевали в смеси с рыхлокустовым злаком в соотношении 1:2. Опыты закладывали на экспериментальной базе Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства. Каждый изучаемый селекционный образец высевали в смеси с тимофеевкой луговой в соотношении одна часть семян бобовых трав (клевер, люцерна, донник, люцерна, эспарцет, вязель и др.) и две части злаковой травы (ежа сборная, тимофеевка луговая и др.). В питомнике высевали 26 образцов, площадью 2,5 м² каждый. Через каждые 10 образцов располагали стандарт сорт клевера Владикавказский. Посев сплошной из расчета 5-6 г. на м² и 10-12 г. тимофеевки сорта Осетинская 1. Для каждой делянки готовили смесь 12,5 клевера и 25 тимофеевки. В год посева подсчитали количество взошедших растений двух видов: злаковых и бобовых. Измеряли высоту растений. На следующий год определяли общую урожайность (зеленую массу), процент содержания бобовых в травосмеси, кустистость, длину стеблей и количество соцветий на них.

Каждый образец оценивали по девятибалльной системе на конкурентоспособность. У рыхлокустовых злаков (тимофеевка, овсяница луговая, райграсс высокий, ежа сборная) узел кущения расположен на небольшой глубине (1-5 см). Надземные побеги у них отходят от одного узла кущения под острым углом к главному побегу, образуя при выходе рыхлый куст. Ежегодно в кусте вырастают новые побеги, каждый из которых имеет свой узел кущения. От них, в свою очередь, идут новые побеги, благодаря чему куст увеличивается в объеме, но остается рыхлым, так как новые

побеги, выходя на поверхность, располагаются недалеко друг от друга. Рыхлокустовые злаки образуют более плотную дернину, чем корневищные. Лучше всего они развиваются на неплотных суглинках и суглинисто-песчаных почвах, богатых питательными веществами и перегноем.

Побеги или стебли бобовых трав обычно ветвятся и образуют куст на поверхности почвы. Кущение (ветвление) бобовых происходит у корневой шейки. Злаковые и бобовые травы неодинаково требовательны к теплу, свету и питательным веществам. В сравнении со злаковыми травами, бобовые берут из почвы больше кальция, магния, хлора, а злаковые - фосфора и кремния. Кальций и хлор в основном содержатся в нижних слоях почвы, имеющих в материнской породе почвы известняковые прослойки, откуда легче достают бобовые травы с длинными корнями. Благодаря клубеньковым бактериям, живущим на корнях бобовых, лучше обеспечены азотным питанием злаковые, а за счет своих отмирающих корней они питают азотной пищей и компоненты злаковых травосмесей. Процесс кущения у злаков обычно начинается через 1-1,5 месяца после появления всходов, и формирование побегов происходит при этом за счет фотосинтеза зеленых частей растения, а не за счет запасных веществ. В естественных фитоценозах пастбищ обычно рыхлокустовые злаки, образуя плотную дернину, могут вытеснять бобовый компонент, особенно клевер луговой, люцерна, эспарцет. Поэтому в оценке на конкурентоспособность важно высевать именно с такими злаками. Эта биологическая особенность злаков дает возможность оценить компонент в жестких условиях. Оценку бобовых в травосмесях проводят и по другим признакам (количество стеблей у одного растения в первый год жизни и количество выживших растений на единице площади во все годы испытания). Если в чистом посеве количество стеблей (в зависимости от сортообразца) достигает 12-15 штук, то в смеси со злаковыми компонентами количество стеблей на одном растении составляет не более 3-5. Количество цветущих побегов с 7-10 на одном стебле сокращается в смесях до 2-3.

Соотношение 1:2 объясняется оптимальным количеством бобового компонента в естественных условиях фитоценоза, т.е. при идеальном соотношении трав на пастбищах должно быть 40-50% бобовых. Включение только по одному виду бобового и злакового компонента позволяет более детально изучить селекционный образец в сравнении со стандартом - районированным в данном регионе сортом.

Если перспективный образец выдержал испытание в сравнении со стандартом при сплошном посеве и индивидуальном стоянии по комплексу признаков, но получил низкую оценку (по конкурентоспособности - девятибалльная международная система), то он классифицируется не пригодным для формирования сорта лугопастбищного направления. Он может быть использован как исходный материал для сортов полевого кормопроизводства.

При характеристике образцов в фитоценотической селекции на конкурентоспособность учитывается количество стеблей бобовых (в сравнении с чистым посевом и стандартом - районированным сортом в предлагаемой травосмеси), высота растений, количество генеративных органов и их обсемененность соцветий.

В соответствии с методикой, принятой странами СЭВ (Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода

Trifolium, Ленинград, 1983, с. 19), способность к конкуренции в травосмесях определяется по девятибалльной системе: 1 - очень плохая, когда растения клевера угнетаются и развиваются слабо, выпадают из травостоя на следующий год, 3 - плохая - в случае слабого развития с отдельными стеблями на 2-3-е годы, выживших 20%, 5 - средняя, когда более половины растений развиваются хорошо и зацветают в год посева. Количество сохранившихся бобовых на 2-3 год составляет более 50%, 7 - хорошая, при выживании 70% растений бобовых на 2-3-й год жизни с хорошей кустистостью (4-5 стеблей) и цветущими соцветиями, 9 - очень хорошая при сохранении всех высеванных растений бобовых (табл).

Таблица

Оценка селекционных образцов клевера на конкурентоспособность (2013-2015 гг.)

Образцы	Количество стеблей на 1 м ²	Количество выживших растений, %	Конкурентоспособность, в баллах
Владикавказский - стандарт	2,9	50,8	5
Селекционные образцы, выделенные как конкурентоспособные			
№ 292-90	4,6	72,6	7
№ 274-94	4,8	78,4	7
СПК - 21	4,3	81,2	7
СНК - 19	3,5	68,4	5
№ 294 -97	4,7	84,5	7
№ 295-97	3,8	65,3	5

Для формирования новых сортов лугопастбищного направления ни один не выдержал испытания на 9 баллов. Однако выделенные образцы для дальнейшей селекционной работы характеризуются на уровне стандарта или несколько выше него. Такая оценка позволяет в контролируемых условиях произвести оценку образцов на конкурентоспособность и на их основе сформировать сорт лугопастбищного направления.

В отличие от общепринятой методики в данной коллекции учитывается процентное содержание бобовых, их кустистость и количество цветущих побегов. Это упрощает способ отбора в селекционном процессе и позволяет в короткий срок отобрать нужные образцы с высокой конкурентоспособностью.

Литература

1. Основные виды и сорта кормовых культур. - М.: Изд. «Наука». 2015. - 518 с.
2. Адаптивное кормопроизводство: проблемы и решения. - ВНИИ кормов М. ФГНУ «Росинформагротех». 2002. - 523 с.
3. Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового. - М.: ООО «Эльф ИПР». 2012. - 286 с.
4. Бекузарова С.А., Дзугаева Л.А. Изобретение «Способ оценки селекционных образцов бобовых трав на конкурентоспособность». Патент № 2124831, опубликован 20.01.1999 г. МПК А01Н1/04.

УДК 631.51

Агроэкологическая эффективность инновационных технологий в склоновых агроландшафтах

Agro-ecological effectiveness of innovative technologies in scope cultivated lands

**А. И. ШАБАЕВ, Н. М. СОКОЛОВ,
Н. М. ЖОЛИНСКИЙ**
ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
г. Саратов
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

**A. I. SHABAEV, N. M. SOKOLOV,
N. M. ZHOLINSKY**
Federal State Government-Funded
Scientific Institution «Agricultural
Research Institute of South-East
Region», Saratov
e-mail: vasiliy_krupnov@mail.ru

Представлены материалы по интенсивности проявления эрозии почв в склоновых агроландшафтах от стока талых и ливневых вод в зависимости от крутизны склона. Чем круче склон, тем больше скорость потока, сильнее эрозия почв и более жестко проявляются последствия засухи. В связи с этим крутизна склона является основным критерием при выделении типов агроландшафтов и определении регламента использования склоновых земель. Способы гребнекулисной обработки сокращают смыв почвы на зяби от стока талых вод до допустимых пределов (0,7 т/га). Вместе с тем для защиты паровых полей от ливневой эрозии необходимы дополнительные противоэрозионные мероприятия в виде экологических рубежей на пашне из защитных насаждений, валов-террас, буферных полос из многолетних или однолетних трав. Выполнение инновационной гребнекулисной обработки новыми противоэрозионными орудиями позволяет за счет кулис и минерализованных полос на пашне дополнительно накапливать до 18 мм влаги в почве, активизирует микробиологические процессы, улучшает азотное питание растений и повышает урожайность озимой и яровой пшеницы на 1,5–2,0 центнера с гектара. При этом агроэкологическая эффективность возделывания озимой пшеницы составляет 3,2–3,7 тысячи рублей с одного га при рентабельности 156–172%.

Ключевые слова: агроландшафт, обработка почвы, влага, азотное питание, экологические рубежи, пшеница, эффективность.

Intensity materials of soil erosion effects in the scope cultivated lands from snowmelt run-off and storm water run-off depending to steep slope are presented. The steeper the slope, the more flow rate, the stronger soil erosion and the more stringent consequences of drought are shown. In this regard, steep slope is a fundamental criterion in the allocation of types of cul-

tivated lands and identifying of regulation of sloping lands. Ridge-coulisse handling methods reduce soil loss on the winter tillage from snowmelt runoff to acceptance limits (0,7 t/ha). At the same time, additional antierosion measures, ecological borders on arable land in the form of protective plantings, embankment-terraces, buffer strips of annual and perennial crops are required for the protection of fallows against storm erosion. Accomplishment of innovative ridge-coulisse handling with new antierosion instruments allows to accumulate thanks to coulisses and fire lines on arable land up to 18 mm of soil moisture additionally, activates microbiological processes, improves nitrogenous nutrition of plants and increases of the winter wheat and spring wheat yield by 1,5–2,0 centners per hectare. At that, economic – ecological efficiency of winter wheat cultivation is 3,2–3,7 thousand rubles per hectare, for cost effectiveness 156–172%

Key words: cultivated land, soil handling, moisture, nitrogenous nutrition, ecological borders, wheat, efficiency.

В засушливых и эрозионно опасных условиях Юго-Востока России современные системы земледелия и инновационные технологии призваны максимально накопить, сберечь и рационально использовать влагу атмосферных осадков, обеспечить преодоление засухи и защитить почву от эрозии, улучшить плодородие и повысить продуктивность угодий. Это достигается при высоком уровне адаптивности агромероприятий к экологическим условиям местности и рельефу территории.

В зависимости от крутизны склона и состояния почвенного покрова в склоновых агроландшафтах часто возникает опасность интенсивного проявления эрозии почв: весной от стока талых вод на зяби и слабо развитых посевах озимых, летом от ливневых осадков на паровых и пропашных полях. В последние годы наибольшую опасность для почвенного плодородия представляют процессы водной эрозии от ливневых осадков на парах, посевах проса и подсолнечника. За последние 5 лет средний слой ливня возрос до 24,1 мм со среднемаксимальной интенсивностью 0,7–0,8 мм/мин. Интенсивность эрозионных процессов прежде всего зависит от массы (т) и скорости стекающих потоков воды (v) и

выражается формулой: $P = mv / 2$. Чем круче склон, тем больше скорость потока и тем сильнее эрозия почв, а на смытых почвах более жестко проявляются последствия засухи [1, 2].

От стока талых вод смыв почвы по мелкому рыхлению 1,5 раза больше, чем по вспашке, и на склоне 1–3° составляет 1,5, при крутизне 3–5° – 2,4 т/га. Лучшие показатели получены по инновационной гребнекулисной обработке, где смыв почвы от стока талых вод по зяби составил на пологом склоне 0,7, на крутом – 1,1 т/га. Большие потери почвенного покрова отмечаются от ливневых осадков на паровых и пропашных полях, где смыв почвы на всех способах обработки превышает допустимые пределы, а на вспашке в 1,6–1,3 – больше, чем по мелкому рыхлению, и достигает в зависимости от крутизны склона соответственно 4,6–6,2 и 2,9–4,7 т/га. Гребнекулисная обработка сокращает смыв на паровом поле по сравнению с плоскорезным рыхлением в 1,7–1,8 раза, по сравнению со вспашкой более чем в 2 раза (рис. 1).

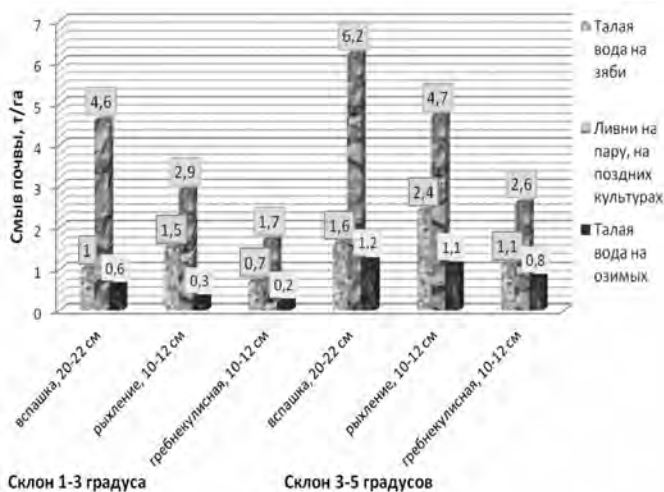


Рис. 1. Влияние крутизны склона и способов обработки на потери почвы от стока талых и ливневых вод, т/га.

Допустимый смыв почвы на южных черноземах составляет не более 0,7 т/га. Все, что больше этого, ведет к ускоренной деградации почвы. Поэтому на водосборах с крутизной склона более 1°, кроме эффективных противоэрозионных приемов обработки почвы, необходимы дополнительные мероприятия по формированию почвозащитных агроландшафтов и размещению агроэкологических рубежей по элементам рельефа (лесополосы, травяные буферные полосы, валы-канавы, валы-террасы и др.) [3, 4].

Учитывая сильное влияние рельефа на эрозионные процессы, именно по крутизне склона формируют тип агроландшафта, определяют регламент использования земли и необходимые дополнительные мелиорации. Более интенсивные технологические схемы – на лучшие земли плакорно-равнинного агроландшафта, щадящие и восстановительные – на эрозионно опасные и эродированные водосборы склоновых агроландшафтов [5].

Надежно защищают почву от эрозии и повышают продуктивность пашни агроландшафты с защитными насаждениями в сочетании с валами-террасами.

Высокоэффективным почвозоохраняющим средством защиты чистого пара и посевов подсолнечника от ливневой эрозии на склонах до 5°, наряду с валами-террасами, являются буферные полосы из многолетних и однолетних трав. Размещенные контурно-параллельно, они снижают смыв почвы от ливневой эрозии в 2–2,5 раза при ширине межбуферной полосы 100 м.

Возделывание однолетних трав (вико-овсяной смеси) в качестве буферной полосы 10,8 м (ширина прохода 3-сеялочного агрегата) через 100–150 м защищает на 70–80% паровое и пропашное поле от эрозии. Полоса гасит скорость водных потоков ливневых осадков и способствует отложению мелкозема с верхних паровых участков. С увеличением крутизны склона межбуферное расстояние уменьшаются. В балочно-овражном агроландшафте полосы многолетних трав эффективно сочетать с культурами сплошного посева, включая их в кормовой или почвозащитный севооборот [5, 6].

Регламент использования склоновых агроландшафтов предусматривает строгое соблюдение степени допустимой антропогенной нагрузки (% распаханности), ландшафтное размещение экологических остатков на черноземных почвах часто приводят к дефициту азота и снижению урожайности яровых культур по сравнению со вспашкой.

На эродированных склонах недопустимо использовать глубокую вспашку, которая ведет к технологической эрозии и снижению плодородия. Лучшие показатели имеют безотвальное орудия типа плоскорезов и рыхлителей, которые оставляют на поверхности поля стерню. Однако свежие органические остатки на черноземных почвах часто приводят к дефициту азота и снижению урожайности яровых культур по сравнению со вспашкой.

Высокая эффективность при возделывании зерновых и пропашных культур в агроландшафтах отмечается при использовании инновационной гребнекулисной технологии (патенты 2315455, 2443093). В процессе обработки пашни через 1,0–1,5–3,0 м формируют противоэрозионные микропобеги из гребнекулисных кулис, земляных валков и водопоглощающих элементов, что существенно сокращает потери почв от стока талых и ливневых вод.

При анализе учета смыва почвы по зяби в среднем за 36 лет (1973–2009 гг.) установлено, что при возделывании пшеницы от стока талых вод среднегодовые потери почв составили: в склоново-ложбинном агроландшафте по гребнекулисной технологии 0,5, по плоскорезному рыхлению и вспашке 0,9–1,0, по минимальной обработке 1,5; в склоново-овражном соответственно 0,9, 1,3–1,6 и 2,4 т/га.

Для выполнения гребнекулисной обработки созданы орудия, которые прошли государственные испытания на Поволжской МИС и рекомендованы к производству: плуг ПН-5-35 со стернеукладчиком ПГО-1,75 (патент РФ № 2310279), орудие противоэрозионное симметричное ОПС-3,5 (патент РФ № 2294070), орудие противоэрозионное трехметровое со стернеукладчиком ОП-3С (патент РФ № 2318303) для мелкой обработки со щелеванием.

Орудия одновременно с обработкой почвы формируют из пожнивных остатков локальные гребнекулисные кулисы и создают минерализованные полосы. Кулисы располагаются поперек склона таким образом, что нижняя их часть заделана в почву, а верхняя размещена на поверхности поля. Параметры минерализованных полос и гребнекулисных кулис (ширина, высота) зависят от типа предшественника и регулировок орудия (рис. 2).

Выполнение гребнекулисной обработки обеспечивает лучшее снегонакопление, уменьшение стока воды, смыва почвы и повышение запасов почвенной влаги на 16–18 мм. Потери нитратного и аммиачного азота со стоком талых вод, по сравнению со вспашкой, уменьшаются на 39 и 48%. За счет минерализованных полос и гребнекулисных кулис на пашне активизируются микробиологические процессы и улучшается азотное питание растений [8, 9].

Лучшее увлажнение и азотное питание по технологии с гребнекулисной обработкой в сравнении с плоскорезной и минимальной способствовало повышению урожайности

яровой пшеницы без удобрений на 1,8–2,0, с внесением N_{30} на 1,5, 0–2,1 центнера с гектара, а проса соответственно на 3,2–3,6 и 3,1–3,5 ц/га. При этом уровень урожайности, полученный без применения удобрений, по гребнекульной обработке приближается к плоскорезному и минимальному вариантам с внесением дозы азота (N_{30}), что свидетельствует о повышении эффективного плодородия с помощью гребнекульной технологии.



Рис. 2. Гребнекульная обработка орудием противозероэрозийным ОП-3С.

На юге Германии и Чехии (Михаэль Хорш) применяют (Ridge-Till) полосную обработку с гребнеобразованием, которая эффективна в борьбе с эрозией почв и при возделывании кукурузы, сои и является альтернативой посеву как в мульчу, так и прямому посеву [9].

Использование новых орудий при выполнении в склоновых агроландшафтах гребнекульной технологии возделывания яровой пшеницы по сравнению с традиционной (на базе вспашки) обеспечивает снижение расхода топлива на 14–20%, а общих эксплуатационных затрат на 5–12% [10].

В среднем за 15 лет максимальная урожайность озимой пшеницы и лучшие экономико-экологические показатели в агроландшафтах получены по технологии гребнекульной обработки (табл.).

Таблица

Агроэкологическая эффективность технологий возделывания озимой пшеницы в склоновых агроландшафтах (в среднем за 15 лет)

Агроландшафты	Технологии на базе основной обработки почвы			
	Вспашка (20–22 см)	Гребнекульная (20–22 см)	Плоскорезная (20–22 см)	Минимальная (10–12 см)
Средняя урожайность озимой пшеницы, ц/га				
Склоново-ложбинный	35,5	36,9	35,3	34,3
Склоново-овражный	34,2	36,1	33,3	32,8
Экономико-экологическая эффективность, руб./га				
Склоново-ложбинный	7570	10792	9541	8797
Склоново-овражный	6739	10437	7509	6869

При средней урожайности озимой пшеницы 36,1–36,9 ц/га и цене 5,0 тыс. руб. за тонну зерна экономико-эко-

логическая эффективность применения в склоновых агроландшафтах гребнекульной технологии, по сравнению с традиционной (на базе вспашки), составляет с одного га 3,2–3,7 тыс. рублей. При этом производственные затраты в соответствии с типом агроландшафта уменьшаются на 20–21%, эколого-экономические показатели возрастают на 49–55%, при рентабельности 156–172%.

Применение плоскорезной и минимальной обработок, по сравнению со вспашкой, также обеспечивают эколого-экономическую эффективность, однако технология с гребнекульной обработкой имеет лучшие показатели в склоново-ложбинном агроландшафте на 13–38%, в склоново-овражном – 22–52%.

Заключение

Дифференцированное применение комплекса противозероэрозийных мероприятий по типам агроландшафтов и использование инновационных технологий с гребнекульными обработками в склоновых агроландшафтах позволяет успешнее преодолевать засушливые явления, снижать эрозионные процессы, дополнительно накапливать почвенную влагу и повышать урожайность зерновых культур.

Таким образом, гребнекульная почвозащитная технология и технические средства по ее выполнению представляют резерв борьбы с засухой и эрозией почвы и вполне могут составлять конкуренцию технологиям типа «strip-till» и «ridg-till» в качестве импортозамещения при возделывании культур сплошного посева.

Литература

- Кузник И. А., Противозероэрозийный комплекс в Поволжье / И. А. Кузник, Н. Г. Воронин, Э. П. Дик. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1968. – 90 с.
- Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 254 с.
- Сус Н. И. Эрозия почв и борьба с ней. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 350 с.
- Карпович К. И., Немцов С. Н. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур в черноземной лесостепи Ульяновской области // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2004. – № 6. – С. 30–33.
- Шабаев А. И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев. – Саратов, 2003. – 344 с.
- Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья / Методические рекомендации. – Саратов, 2008. – 64 с.
- Кузина Е. В. Преимущества гребнекульной обработки почвы при возделывании зерновых культур / Кузина Е. В., Шабаев А. И. – Научный журнал «Научная жизнь», № 1, 2015. – С. 61–69.
- Перспективная ресурсосберегающая технология производства озимой пшеницы: методические рекомендации / ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – Москва, 2009. – 68 с.
- Till с приставкой Strip / Новое сельское хозяйство (НСХ). 2011, № 6. – С. 82–86.
- Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой и яровой пшеницы в агроэкологических условиях Саратовской области / Методические рекомендации. – Саратов, 2009. – 60 с.

УДК 633.1:631.531.011.3:533.9

Влияние плазменного облучения на прорастание семян зерновых культур в засушливых условиях

The influence of plasma exposure on seed germination of cereal crops in arid conditions

Т. М. ЯРОШЕНКО¹,
Д. Ю. ЖУРАВЛЕВ¹,
Н. Ф. КЛИМОВА¹
Е. В. НАУМОВ²,
М. М. ВАСИЛЬЕВ²,
О. Ф. ПЕТРОВ²

¹ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»
г. Саратов
e-mail: raiser_saratov@mail.ru
²ФГБНУ «ОИВТ» РАН, г. Москва
e-mail: naumov.e1950@gmail.com

T.M. YAROSHENKO¹,
D.Y. ZHURAVLEV¹, N.F. KLIMOVA¹,
E.V. NAUMOV², M.M. VASILYEV²,
O.F. PETROV²

¹Agricultural Research Institute of
South-East Region
e-mail: raiser_saratov@mail.ru
²Federal State Budgetary Scientific
Institution «United Institute of High
Temperatures» of RAS (UIHT RAS),
Moscow
e-mail: naumov.e1950@gmail.com

В статье приведены результаты лабораторного опыта по проращиванию семян сельскохозяйственных культур, обработанных низкотемпературной плазмой в засушливых условиях, смоделированных с помощью высококонцентрированного раствора сахарозы. Наблюдения за проростками яровой пшеницы и сорго показали, что обработка семян НТП приводит к активизации адаптивного потенциала растений к абиотическому стрессу.

Ключевые слова: низкотемпературная плазма, семена зерновых, адаптивная реакция, абиотический стресс, устойчивость.

The results of laboratory experiment in seed germination of agricultural crops, which were treated with low-temperature plasma in arid conditions, and were modelled by means of high-concentrated solution of sucrose, are shown in the article. The observation over the seedling of spring wheat and sorghum showed that seed treatment with low-temperature plasma activates adaptive capacity of plants to abiotic stress.

Key words: low-temperature plasma, grain seeds, adaptive reaction, abiotic stress, resistance.

Введение

В последние десятилетия все более активно ведется поиск физиологических, биохимических и биофизических приемов и технологий, направленных на реализацию генетического потенциала растений, повышения их устойчивости в процессе роста к абиотическим и биотическим стрессам, усиления их адаптивного потенциала. Одно из перспективных направлений ядерной физики – применение для предпосевной обработки семян растений с целью активации ростовых процессов ионизирующих излучений [1, 3, 7, 8]. В малых дозах звуковая, ударно-волновая и кратковременная те-

пловая обработки, экспонирование в электрическом и магнитных полях, лазерное облучение, облучение ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами и другие внешние физические воздействия могут увеличить всхожесть семян и урожайность сельскохозяйственных культур на 15–25% [4, 9]. Это происходит благодаря увеличению энергетического потенциала семян после обработки. В них происходят структурно-функциональные перестройки мембранных образований и макромолекул, определяющие процессы саморегуляции.

В естественных для вида природных условиях растения часто испытывают воздействие неблагоприятных факторов внешней среды: температурные колебания, засуху, избыточное увлажнение, засоленность почвы и т. д. При воздействии неблагоприятных факторов в растении возникает напряженное состояние, отклонение от нормы – стресс. На уровне целого организма механизмы адаптации дополняются новыми реакциями. Происходит оптимизация протекающих в нем биохимических и физиологических процессов. Это и приводит растительные организмы к приспособлению к условиям внешней среды, с которыми они находятся в непрерывном взаимодействии на протяжении всего онтогенеза. На популяционном уровне адаптации включается естественный отбор, и появляются более устойчивые к данному стрессу виды [2].

Отсюда можно предположить, что, воздействуя на семена растений перед посевом тем или иным стрессором, можно получать более жизнеспособные, приспособленные к новым условиям среды обитания растения.

Последствие ионизирующего излучения, как мощного стрессового фактора, на семена сельскохозяйственных растений с целью биоактивации требует дальнейшего изучения. Сведения о влиянии плазменного облучения семян на устойчивость растений к засушливым погодным условиям, особо острой проблеме Среднего Поволжья, в информационных источниках отсутствуют. Это послужило основанием проведения лабораторией плодородия почв ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» серии лабораторных опытов по установлению эффективности предпосевной биоактивации семян сельскохозяйственных культур потоком низкотемпературной плазмы (НТП).

Материал и методика

Обработка посевного материала осуществлялась стационарным потоком сильнонеравновесной плазмы атмосферного давления. В качестве источника плазмы применялся СВЧ-генератор с частотой 2,45 ГГц. Конфигурация плазменной горелки позволяла формировать однородный плазменный поток с широким полем обработки диаметром 3 см и температурой, не превышающей 60°С. (Кювета с обрабатываемыми семенами помещалась на приборном столе на расстоянии от плазменной горелки 10 мм (рис. 1.).

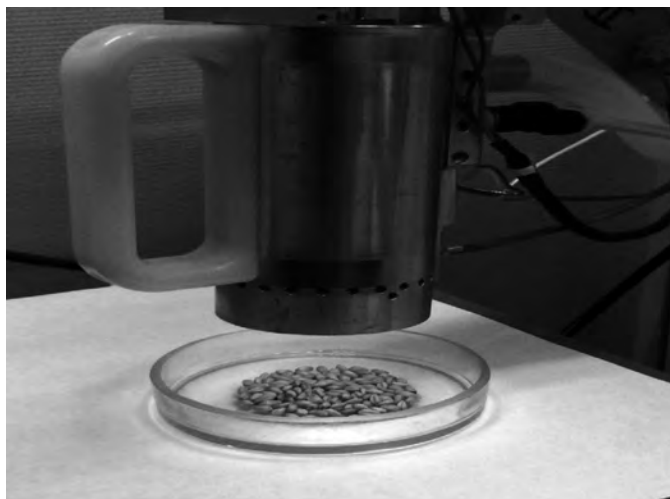


Рис. 1. Обработка НТП семян яровой пшеницы.

Основные действующие факторы НТП (низкотемпературной плазмы) включали ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, продукты плазмохимических реакций, активные радикалы, электромагнитные поля, а также свободные электроны и ионы.

Определение засухоустойчивости зерновых культур, семена которых были обработаны низкотемпературной плазмой, через сутки проводилось по методике Н. Н. Кожушко и В. М. Царевской по депрессии роста проростков в растворе 19,2% сахарозы, обеспечивающем осмотическое давление на клеточные мембраны 9 атм. [5]. В качестве критерия оценки подавления ростовых процессов использовали сухую биомассу надземных и подземных частей проростков. Энергию прорастания и всхожесть семян зерновых культур определяли по ГОСТ 12038-84.

Результаты и их обсуждение

Лабораторный опыт по изучению эффективности предпосевной обработки НТП семян зерновых культур насчитывал 3 этапа: с семенами, с проростками и растениями до фазы кущения. В опыте были использованы по 3 сорта яровой пшеницы (Саратовская-70, 72 и 74) и сорго Хопёр, Белочка и Крепыш селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».

На рисунке 2 представлены результаты прорастания семян яровой пшеницы Саратовская-74 и сорго Крепыш, обработанных НТП, на растворе сахарозы. На чашках Петри, крайних слева, расположен контроль с водопроводной водой. На этом варианте энергия прорастания семян зерновых культур составила 98%. На чашках, где для моделирования засушливых условий был использован 19,2% раствор сахарозы, семена яровой пшеницы и сорго как обработанные НТП, так и необработанные не проросли. Мы предположили, что воздействие НТП на прорастание семян в критических острозасушливых условиях отсутствует.

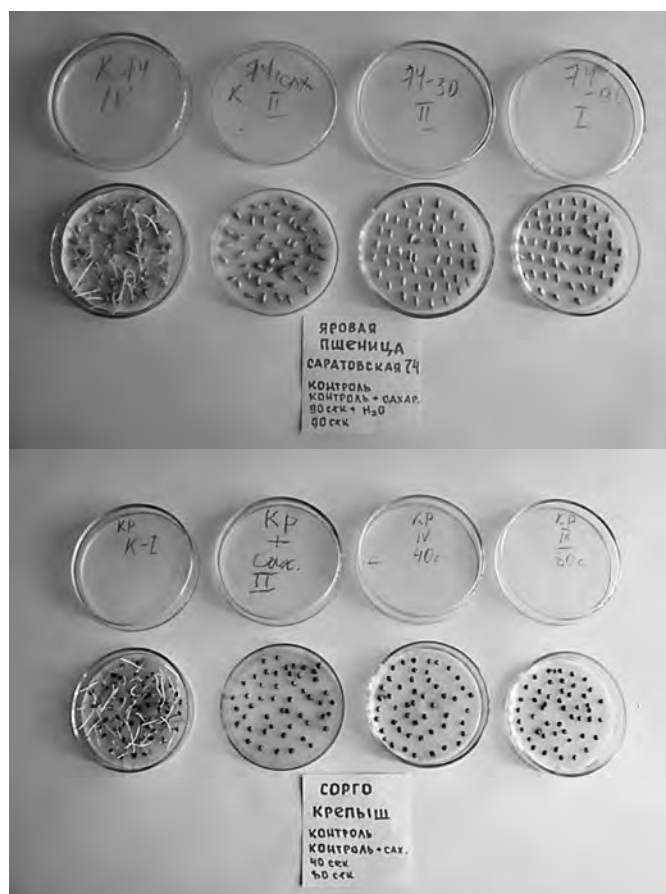


Рис. 2. Энергия прорастания семян зерновых культур на растворе сахарозы.

В подтверждение этого параллельно был заложен опыт с прорастанием семян зерновых, обработанных НТП, на увлажненной водопроводной воде фильтровальной бумаге.

Таблица 1

Энергия прорастания семян яровой пшеницы на воде, %

	контроль	Опыт (90 сек.)
Саратовская-70	100,0	91,7
Саратовская-73	95,0	98,3
Саратовская-74	95,8	93,3

Из таблицы 1 следует, что обработка НТП в течение 90 секунд семян различных сортов яровой пшеницы саратовской селекции не повлияла на процессы прорастания. Так, энергия прорастания семян яровой пшеницы на контрольном (без обработки) варианте составила в среднем 97,9%, в то же время на вариантах с облученными семенами она уменьшалась до 94,4%.

Ответить на вопрос, влияет ли обработка НТП семян на ростовые процессы проростков зерновых, мы попытались на втором этапе лабораторного опыта.

3-суточные проростки изучаемых зерновых культур, полученные из обработанных НТП семян, помещались в чашки Петри на диски фильтровальной бумаги, пропитанные концентрированным раствором сахарозы, с помощью которого благодаря высокому осмотическому давлению моделировались острозасушливые условия. Контролем служила вода.

На рисунке 3 можно визуально отметить, что проростки яровой пшеницы Саратовской-74 и сорго Белочка после

60–90-секундной обработки семян НТП на растворе сахарозы более развиты по сравнению с необработанными семенами.

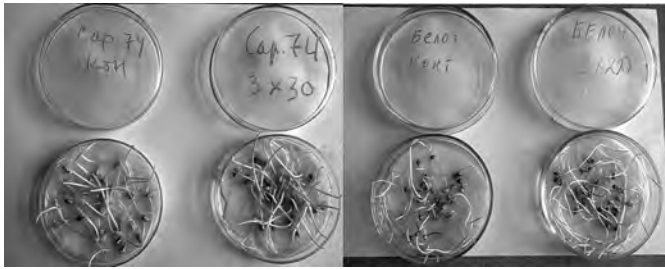


Рис. 3. Опыт с моделированием засушливых условий для 3-суточных проростков яровой пшеницы и сорго после обработки плазмой.

Измерения ростовых показателей проводились на 5-й день после выдерживания проростков на растворе сахарозы.

Таблица 2

Влияние обработки НТП на структурные элементы проростков яровой пшеницы в условиях высокого осмотического давления

Сорт	Вариант опыта	Длина ростка, см	Длина корешка, см	Сухое вещество, мг на 1 проросток
Саратовская-70	контроль	5,4	8,0	7,0
	опыт	6,5	8,0	14,7
Саратовская-73	контроль	4,5	4,8	4,5
	опыт	5,1	6,0	9,0
Саратовская-74	контроль	6,8	5,9	8,0
	опыт	7,0	7,2	11,3

Из данных таблицы 2 следует, что масса структурных элементов проростков яровой пшеницы независимо от сорта, помещенных в засушливые условия, после обработки низкотемпературной плазмой приблизительно на 13–22% выше, чем на контроле.

Особо интересно то, что после высушивания масса сухого остатка этих проростков в 2 раза превышала контрольные образцы. Вес сухого остатка, представленный в таблице 2, пропорционален нарастанию биометрических показателей проростков, помещенных в засушливые условия. Чем больше масса проростков, тем больше накапливается в них органического вещества. Возможно, в результате воздействия на семена зерновых культур плазменным излучением происходит запуск генетического потенциала самого семени, пролонгированного во времени, активизируются биохимические и физиологические процессы, усиливающие рост проростка и его развитие.

С целью подтвердить вышесказанное с семенами, обработанными НТП, был заложен вегетационный опыт. В середине мая из-за высоких температур атмосферного воздуха

в теплице сложились очень засушливые условия, поэтому вегетация растений продолжалась до стадии полного кущения. После извлечения из вегетационных сосудов растения подвергались тщательному биометрическому анализу структурных элементов.

На рисунке 4 мы видим, что растения яровой пшеницы, сформированные из семян, обработанных НТП (3-й сноп слева), имеют более развитую наземную массу темно-зеленого цвета, мощную корневую систему по сравнению с контролем (1-й сноп слева).

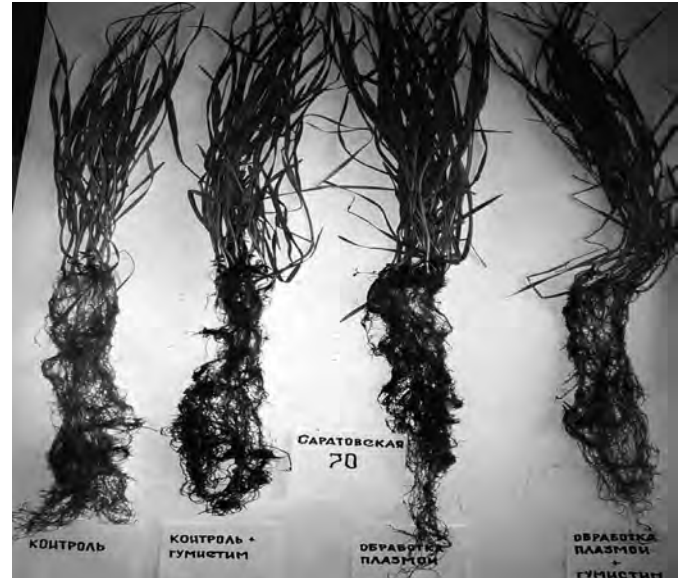


Рис. 4. Влияние НТП на рост и развитие яровой пшеницы в условиях вегетационного опыта, 2016 г.

При выращивании растений яровой пшеницы и сорго в засушливых условиях вегетационного опыта преимущество имели варианты опыта с применением НТП (табл. 3). Увеличение наземной массы растений яровой пшеницы, полученных из семян, обработанных НТП, колебалось в

Таблица 3

Эффективность обработки семян яровой пшеницы и сорго разных сортов НТП

	Число растений на сосуд	Вес надземной массы, г на 1 растение	Вес корней, г на 1 растение	Вес сухого вещества надземной массы, г на 1 растение	Вес сухого вещества корней, г на 1 растение	Сухое вещество корней, % на 1 растение	Сухое вещество надземной массы, % на 1 растение
САРАТОВСКАЯ-70 (кущение)							
контроль	13	0,731	0,331	0,107	0,007	2,11	14,6
обработка плазмой	15	1,533	0,393	0,206	0,014	3,82	13,4
САРАТОВСКАЯ-74							
контроль	15	0,547	0,160	0,110	0,008	5,0	19,1
обработка плазмой	12	1,058	0,125	0,192	0,010	8,0	18,1
СОРГО БЕЛОЧКА							
контроль	15	0,286	0,151	0,16	0,140	92,7	55,9
обработка плазмой	10	0,382	0,180	0,19	0,170	94,4	49,7
СОРГО ХОПЕР							
контроль	7	0,514	0,300	0,314	0,280	93,3	61,0
обработка плазмой	5	0,860	0,340	0,479	0,320	94,1	55,6

пределах от 48% до 52%; вес корневой системы увеличился на 15,3% в пересчете на 1 растение. Зеленая масса растений сорго, прошедших плазменную обработку, в вегетационном опыте увеличивалась от 24,9% до 40%; и на 16,7% увеличивалась масса корней в пересчете на 1 растение сорго.

При высушивании проростков яровой пшеницы и сорго тенденция сохранялась та же. При этом увеличение сухого вещества в ростках и яровой пшеницы и сорго составило в среднем 3%, что явно свидетельствует об улучшении корневого питания растений. При высушивании растения, подвергшиеся обработке НТП, теряли больше влаги, яровая пшеница в меньшей степени – в среднем 2%, а сорго – до 6% воды. Исходя из этого, можно предположить, что применение плазменной обработки с целью биоактивации семян зерновых улучшает водный режим растений, способствует увеличению содержания воды в растениях, что, возможно, и определяет лучшую устойчивость этих растений к засушливым условиям окружающей среды.

Выводы

1. На энергию прорастания семян изученных сельскохозяйственных культур НТП не повлияла. Предположительно эффект обработки НТП имеет пролонгированное действие.

2. В случае моделирования острозасушливых условий с помощью повышения осмотического давления до 9 атм (раствор сахарозы 19,2%) резонансный эффект обработки НТП распространяется на все структурные элементы растения: длину и вес, накопление сухого вещества от 20 до 51%.

3. При выращивании растений яровой пшеницы и сорго в сложных условиях вегетационного опыта преимущество имели варианты опыта с применением НТП. Увеличение массы растений, полученных из семян, обработанных НТП, колебалось в пределах от 48% до 52% на яровой пшенице и от 25% до 40% на сорго; на 30-40% увеличивалась корневая масса. При высушивании растений яровой пшеницы и сорго тенденция сохранялась та же. При этом увеличение сухого вещества в растениях и яровой пшеницы и сорго составило в среднем 3%, что явно свидетельствует об улучшении и корневого питания растений.

4. При высушивании растения, подвергшиеся обработке НТП, теряли больше влаги: яровая пшеница в среднем 2%, а сорго – до 6% воды. Увеличение содержания воды в растениях определяет лучшую их устойчивость к засушливым условиям окружающей среды.

Современные технологии наряду с использованием традиционных способов в дальнейшем станут важнейшим направлением в современном агропромышленном комплек-

се, так как позволят разработать способы управления растительными организмами с помощью активаторов метаболизма, которыми являются слабые и сверхслабые физические поля и излучения [3, 6, 7].

Литература

1. Гордеев Ю. А. Биоактивизация семян культурных растений ультрафиолетовыми и плазменными излучениями / Ю. А. Гордеев, Р. З. Юлжашев // Изв. СПб ГАУ. – 2011. – № 24. – С. 343–348.

2. Гордеев Ю. А. Синергетическая основа эффекта обработки семян культурных растений излучениями плазмы / Ю. А. Гордеев, А. Д. Прудникова // Нелинейный мир. – 2012. – Т. 10, № 1. – С. 61–68.

3. Гордеев Ю. А. Электродуговые плазмотроны сельскохозяйственного назначения [плазменное облучение семян зерновых культур перед посевом] / Ю. А. Гордеев // С.-х. машины и технологии. – 2012. – № 5. – С. 37–40.

4. Изучение эффективности предпосевного облучения семян гелиевой плазмой на рост и развитие льна / А. Р. Цыганов и др. // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2 (43). – С. 273–281.

5. Кожушко Н. Н. Определение засухоустойчивости зерновых культур по депрессии роста проростков в растворах осмотиков / Н. Н. Кожушко, В. М. Царевская // Лен.: Рио ВИР, 1988. – 10 с.

6. Костин В. И. Физиологические аспекты применения физических факторов, микроэлементов и регуляторов роста для повышения засухоустойчивости растений / В. И. Костин, В. А. Исайчев, С. Н. Решетникова // Вестн. Ульяновской ГСХА. – 2014. – № 3 (27). – С. 58–67.

7. Сергеева В. А. Исследование комплексного воздействия предпосевной плазменной обработки семян / В. А. Сергеева, П. Ф. Кононков // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – М., 2013. – С. 234–239.

8. Цыганов А. Р. Эффективность применения импульсного облучения семян плазмой / А. Р. Цыганов, Ю. А. Гордеев, О. В. Поддубная // Вестн. БГСХА. – 2009. – № 2. – С. 95–99.

9. Юлдашев Р. З. Исследование экологически чистых и энергосберегающих УФ и плазменных технологий для предпосевной обработки семян / Р. З. Юлдашев // Изв. СПб ГАУ. – 2011. – № 25. – С. 242–245.

УДК 633.854.54

Перспективы создания сортов масличного льна специализированного назначения

Perspectives of the creation of oil flax varieties for the specialized purpose

**Н. Б. БРАЧ,
Е. А. ПОРОХОВИНОВА,
Т. В. ШЕЛЕНГА**
ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский
институт генетических
ресурсов растений имени
Н. И. Вавилова»,
г. Санкт-Петербург
e-mail: n.brutch@vir.nw.ru

**N. B. BRUTCH,
E. A. PORKHOVINOVA,
T. V. SHELENGA**
Federal State Government-Funded
Scientific Institution «The Federal
Research Center All-Union
Research Institute of Plant Genetic
Resources named after
N.I. Vavilov», St. Petersburg
e-mail: n.brutch@vir.nw.ru

Представлены основные перспективные направления селекции сортов масличного льна с различным жирнокислотным составом масла, предназначенные для определенных возможностей использования. Описаны процесс биосинтеза основных жирных кислот у льна и гены, контролирующие его. В качестве основного источника генетического разнообразия для селекции представлены результаты многолетнего изучения биохимического состава образцов мировой коллекции льна ВИР. Выделены источники и доноры ценных биохимических признаков: высокого содержания белка для производства муки, увеличения содержания олеиновой кислоты для получения биодизеля, повышения уровня линоленовой кислоты для нужд фармацевтической и лакокрасочной промышленности, сокращения содержания линоленовой кислоты для продления срока хранения масла, а также достижения оптимального соотношения омега-6 / омега-3 жирных кислот для диетического питания.

Ключевые слова: лен масличный, селекция, содержание белка, масличность, жирнокислотный состав масла, использование семян льна.

Article presents the main perspective directions of breeding of oil flax varieties with different oil fatty acid composition, which are intended for determined use. The article describes the biosynthesis process of essential flax fatty acids and the genes, which control it. The results of many years biochemical composition analysis of accessions from All-Union Research Institute of Plant Breeding world flax collection are presented as the primary source of genetic diversity for breeding. The sources and donors of valuable biochemical characters are selected: high protein content for flour production, increase of oleic acid content for biodiesel production, increase of linolenic acid level for the

pharmaceutical and paint industries, reduce the content of linolenic acid to extend shelf life of oil, as well as achievement of the optimum ratio of omega-6 / omega-3 fatty acids for the diet nutrition.

Key words: oil flax, breeding, protein content, oil content, fatty acid composition of oil, use of flax seeds.

В последние десятилетия сфера использования семян льна значительно расширилась. Современные технологии переработки позволяют получать большой ассортимент разнообразных товаров, причем показатели качества и рентабельности производства каждого конечного продукта зависят от химического состава перерабатываемых семян. Это ставит перед селекционерами задачу выведения специализированных сортов, предназначенных для использования в определенной отрасли. Особенно это касается продуктов переработки масла, которое является основным компонентом семян. Масличность современных сортов льна достигает 50% и более (<http://www.gossort.com>), за последние десятилетия она увеличилась примерно на 10%. Таким образом, несмотря на достигнутые успехи, сохраняется потенциальная возможность дальнейшего селекционного повышения продуктивности, так как биологический предел содержания масла – 60% [1] у льна еще не достигнут. Сорта с его низким содержанием целесообразно использовать только для выработки обезжиренной или полножирной льняной муки, применяемой в хлебопечении для замещения муки злаков, особенно в спецпитании для больных целиакией [2]. В этом случае желательным признаком для сорта может быть повышенное содержание белка.

Основным источником генетического разнообразия для селекционеров нашей страны является мировая коллекция льна ВИР, которая насчитывает более 6 000 образцов в основной коллекции и около 500 линий – в генетической (табл.). Интересно, что самое низкое и самое высокое содержание белка в коллекции ВИР имели два местных образца из Португалии: к-8226 и к-8391 соответственно. Наиболее перспективными для производства льняной муки являются российские сорта Смоленский (к-6977), Юбилейный (к-7785), Алексим (к-7801), Кром (к-7887), Русич (к-7962), Томский-17 (к-8002), содержащие около 23% белка и 35% масла.

Таблица

Изменчивость биохимического состава семян льна в коллекции ВИР [3].

Компонент	Диапазон изменчивости
Белок, % в семенах	11,2–25,3
Масло, % в семенах	33,6–52,0
Пальмитиновая кислота (16:0), % в масле	3,1–14,3
Стеариновая кислота (18:0), % в масле	0,5–14,4
Олеиновая кислота (18:1, омега-9), % в масле	8,3–37,9
Линолевая кислоты (18:2, омега-6), % в масле	7,7–40,3 65,8–68,9
Линоленовая кислота (18:3, омега-3), % в масле	2,8–5,0 30,5–73,1
Соотношение омега-6 / омега-3	0,2–4,2 13,2–24,6

Сферу использования самого масла льна определяет его жирнокислотный состав. Льняное масло состоит главным образом из пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой и линоленовой кислот. Именно их количественное соотношение определяет основные свойства масла. Синтез жирных кислот и его генетический контроль изучены достаточно подробно [4, 5] (рис.). В настоящее время все открытые гены секвенированы различными группами ученых, показавшими, что они имеют множественные аллели, несущие делеции и точечные мутации [6, 7, 8, и др.].

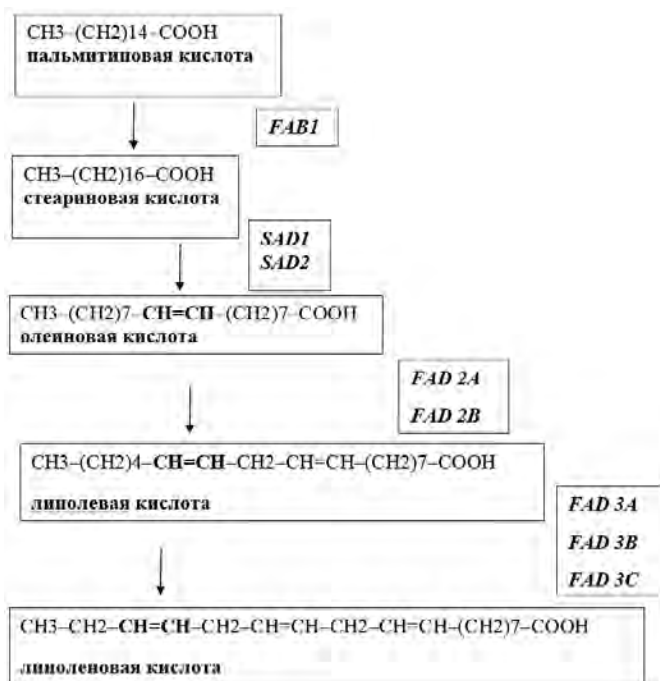


Рис. Схема биосинтеза жирных кислот у льна.

Пальмитиновая и стеариновая кислоты составляют большую долю в масле льна. Кроме того, в настоящее время они не находят специального применения при его переработке. Поэтому в процессе селекции целесообразно снижать их количество. Для этого необходим поиск источников с повышенной активностью стеарол-АСР десатураз, которые кодируются генами *SAD1* и *SAD2*, и переводят стеариновую кислоту в олеиновую. Масло, состоящее преи-

мущественно из олеиновой кислоты, потенциально может быть использовано для получения биодизеля. Оно дает возможность сочетать пониженное цетановое число топлива – характеристику воспламеняемости дизельного топлива, определяющую период задержки воспламенения смеси (промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения) и пониженное содержание насыщаемых жирных кислот, делающих его слишком вязким [9]. Но для получения масла такого качества также необходимо остановить дальнейшую десатурацию олеиновой кислоты, то есть заблокировать работу омега-6 десатуразы, контролируемой генами *FAD2*. Целенаправленная селекция на повышение уровня олеиновой кислоты начата совсем недавно, однако в коллекции ВИР был выделен образец Б-9 из Литвы (к-7613) с ее содержанием 38%.

Для качества льняного масла решающее значение имеет количество линолевой и линоленовой кислот, тем более что гены десатуразы-2, необходимой для образования линолевой кислоты, у льна считаются основными, определяющими жирнокислотный состав масла [10]. Причем продукт гена *FAD2B* имеет гораздо большее влияние на признак, чем *FAD2A*.

Традиционное льняное масло содержит 50 и более процентов линоленовой кислоты. После отжима оно быстро, в течение трех месяцев, прогоркает. Однако именно эта кислота придает маслу широчайший спектр фармакологических свойств [11], а также способность к быстрому высыханию, позволяющему производить высококачественную олифу и краски. В последние годы селекционеры в разных странах начали селекцию на повышение содержания в масле линоленовой кислоты. Источниками этого признака могут служить две линии генетической коллекции ВИР, выделенные из чешских сортов *Mermilloid* (гк-136) и *Modzuron* (гк-137), имевшие в среднем 65 и 70% этой кислоты соответственно.

Противоположным направлением селекции является снижение уровня линоленовой кислоты, позволяющее продлить срок хранения масла. Для этой цели в конце 1970-х годов в Австралии были получены мутанты с содержанием линоленовой кислоты 2–3%. На их основе в Канаде вывели первые сорта типа *solin* [12], накапливавшие более 60% линолевой кислоты. Таким образом, сформировались две группы сортов: высоколиноленовые, содержащие в масле от 30 до 70% омега-3 линоленовой кислоты, и низколиноленовые, имеющие около 3% линоленовой кислоты (табл.). Это естественным образом привело к аналогичной ситуации, хотя и не такой четкой, с содержанием в масле линолевой кислоты. Сорта разделились на две группы: обычные – низколинолевые (7,7–40,3%) и мутантные – высоколинолевые (65,8–68,9%).

Для здорового питания важным моментом является достижение оптимального соотношения омега-6/омега-3 жирных кислот. Для обычного рациона оно должно составлять 5–10/1, а для лечебного – 3–5/1 [13]. Большинство сортов имеют соотношение ~0,25/1. Поэтому для пищевого использования и особенно для выпуска полножирной муки из семян нужно уменьшать содержание линоленовой кислоты. У выведенных к настоящему времени низколиноленовых сортов данное соотношений составляет 13,2–24,6/1. Таким образом, ни традиционные (содержащие слишком много линоленовой кислоты), ни низколиноленовые (синтезирующие ее слишком мало) сорта льна не дают оптимального соотношения омега-6 и омега-3 жирных кислот. Но в последнее время в нашей стране были созданы сорта, отвечающие этим требованиям (<http://www.gossort.com>). Сорт Санлин ООО «ЭКОЛЕН» имеет в семенах 65% линолевой кислоты и 8% линоленовой, его соотношение

омега-6 и омега-3 жирных кислот составляет 8/1. Еще более высоким качеством обладает сорт Ручеек, выведенный на Сибирской станции ВНИИМК. Он содержит 60% линолевой и 14% линоленовой кислоты, а соотношение омега-6 и омега-3 жирных кислот составляет 4,3/1, что оптимально для диетического питания.

Для успешной селекции по этому признаку перспективен поиск новых мутаций генов *FAD3* для создания сортов со средним уровнем линоленовой кислоты. Гены *FAD3A* и *FAD3B* имеют высокую степень гомологии (>95%). Однако *FAD3B* оказывает большее действие на синтез линоленовой кислоты, чем ген *FAD3A*. Причина этого кроется в том, что продукт гена *FAD3A* имеет более высокую энзиматическую активность, а ген *FAD3B* проявляет более высокий уровень экспрессии [5]. Таким образом, добиваться определенного результата в селекции можно различными путями: получением изоформ ферментов с измененной активностью или регулировкой экспрессии самих генов. До настоящего времени у каждого из двух основных генов десатуразы-3 было найдено всего по три нонсенс-мутации, приводящие к остановке синтеза линоленовой кислоты [6]. Однако в ВИРе из низколиноленовых сортов *Linola* (и-595808), Канада, а также *Eure* (и-601679) и *Walaga* (и-601680), Австралия, были выделены линии, несущие ранее неизвестные мутации гена *FAD3B*.

Для ускоренного создания сортов с новым перспективным соотношением жирных кислот в масле может быть использована технология маркер-вспомогательной селекции. Однако множественный аллелизм генов, участвующих в биосинтезе жирных кислот у льна, не позволяет создавать универсальные маркеры, пригодные для работы с любым исходным материалом. Для каждого аллеля необходимо создавать свои маркеры. С другой стороны, открытие и вовлечение в селекцию и новых типов мутаций поможет увеличить разнообразие исходного материала и сократит генетическую эрозию, вызванную использованием одних и тех же мутантных форм.

Литература

1. Пустовойт В. С. Основные направления селекционной работы. / В. С. Пустовойт // Подсолнечник. – М.: Колос, 1975. – С. 153 – 163.
2. Киреева М. С. Перспективы использования полножирной муки из семян льна в специализированных продуктах питания. / М. С. Киреева, М. И. Меркулова, Е. А. Пороховинова, В. Н. Красильников // ПМАНЯКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ. – Омск, 2013. – С. 316 – 322.
3. Каталог мировой коллекции ВИР. Лен (характеристика образцов по биохимическим признакам). – С-Петербург: ВИР, 2006. – С. 56–59.

ридика образцов по биохимическим признакам). – С-Петербург: ВИР, 2006. – С. 56–59.

4. Vrinten P. Two FAD3 desaturase genes control the level of linolenic acid in flax seed. / P. Vrinten, Z. Hu, M. A. Munchinsky, G. Rowland, X. Qiu // *Plant Physiology*. – 2005. – V. 139. – P. 79–87.

5. Banik M. Transcript profiling and gene characterization of three fatty acid desaturase genes in high, moderate, and low linolenic acid genotypes of flax (*Linum usitatissimum* L.) and their role in linolenic acid accumulation. / M. Banik, S. Duguid, S. Cloutier // *Genome* 2011. – V 54. – P 471–483.

6. Thambugala D. Genetic variation of six desaturase genes in flax and their impact on fatty acid composition. / D. Thambugala, S. Duguid, E. Loewen, G. Rowland, H. Booker, F. M. You, S. Cloutier // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2013. – V. 126 – P. 2627–2641.

7. Khadake R. M. Cloning of a novel omega-6 desaturase from flax (*Linum usitatissimum* L.) and its functional analysis in *Saccharomyces cerevisiae*. / R. M. Khadake, P. K. Ranjekar, A. M. Harsulkar // *Molecular Biotechnology*. – 2009. – V. 42. – P. 168–174.

8. Krasowska A. Cloning of flax oleic fatty acid desaturase and its expression in yeast. / A. Krasowska, D. Dziakowicz, A. Polinceusz, A. Plonka, M. Lukaszewicz // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2007. – V. 84. – P. 809–816.

9. Брач Н. Б. Экологически чистое топливо и перспективы использования льна в его производстве / Н. Б. Брач // Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека: Материалы Международного научно-практического семинара. – Тверь, 2012. – С. 109–117.

10. Fofana, B. Gene expression of stearoyl-ACP desaturase and D12 fatty acid desaturase 2 is modulated during seed development of flax (*Linum usitatissimum*) / B. Fofana, S. Cloutier, S. Duguid, J. Ching, C. Rampitsch // *Lipids* 2006. – V. 41. P. 705–712.

11. Cunnan S. Metabolism and function of α -linolenic acid in humans. / S. Cunnan // *Flax seed in human nutrition*. – Champaign, USA: AOCS Press, 1995. P. 99–127.

12. Green A. G. Genetic control of polyunsaturated fatty acid biosynthesis in flax (*Linum usitatissimum*) seed oil. / A. G. Green // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1986. – V72. – P. 654–661.

13. Левицкий А. П. Идеальная формула жирового питания / А. П. Левицкий. – Одесса, 2002. – 61 с.

УДК: 633.854.54:631.527 (476)

Достижения в селекции масличного льна в Республике Беларусь Achievements in breeding of oil flax in the Republic Belarus

**Е. Л. АНДРОНИК,
М. Е. МАСЛИНСКАЯ,
Е. В. ИВАНОВА**
РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика
Беларусь
e-mail: andronik11@rambler.ru

**E. L. ANDRONIK,
M. E. MASLINSKAYA,
E. V. IVANOVA**
Republican Unitary Enterprise
«Institute of flax», Agro-town
Ustye, the Republic Belarus
e-mail: andronik11@rambler.ru

В статье изложены результаты селекционной работы со льном масличным в РУП «Институт льна». Дана характеристика сортов Брестский, Илим, Опус, Салют и результаты их государственного сортоиспытания. Представлена характеристика сортов Фокус и Визирь, переданных на государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: лен масличный, сорт, государственное сортоиспытание

The article presents results of breeding research with oil flax in the Republican unitary enterprise "Institute of flax". Characteristic of varieties Brestskiy, Ilim, Opus, Salyut and results of their State strain test are given. Characteristic of varieties Focus and Vizir, which are in State strain test on approval, is given.

Key words: oil flax, variety, State strain test.

Одной из ценных культур, интерес к которой в последние годы значительно возрос благодаря возможности широкого использования в различных отраслях промышленности, является лен масличный. Прогнозы ученых свидетельствуют о том, что увеличение посевных площадей сохранится и в перспективе.

Основным фактором, способствующим росту посевных площадей, является значительная экономическая эффективность возделывания льна масличного. Благодаря высокой масличности (42–48%) и потенциальной урожайности (2,5–2,8 т/га) рентабельность культуры достигает 80–87%.

На современном этапе развития льноводства сорт является наименее затратным и экономически эффективным средством увеличения объемов производства конкурентоспособной льнопродукции.

Ведущим научным учреждением страны, занимающимся селекцией культуры, является РУП «Институт льна». Селекционная работа по льну в организации имеет многолетние традиции. Наши ученые не только сохранили потенциал, созданный нашими предшественниками, но и в немалой степени приумножили его.

Для удовлетворения запросов различных отраслей экономики в продукции с определенными свойствами селекция льна масличного ориентирована на создание сортов, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам внешней среды при высоком уровне продуктивности и качества льносырья [1, 2, 3].

В настоящее время в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включено 4 сорта льна масличного (57,1%) селекции РУП «Институт льна»: Брестский, Илим,

Опус, Салют [4]. В условиях страны данные сорта выдерживают конкуренцию с сортами зарубежной селекции по урожайности, масличности, адаптации к условиям выращивания.

Успешное создание высокопродуктивных сортов льна масличного в значительной степени зависит от формирования и изучения коллекционного материала. С момента основания Института льна ведется изучение генофонда культуры и использование коллекционных образцов в качестве источников хозяйственно ценных признаков в различных селекционных программах.

В настоящее время рабочая коллекция льна масличного РУП «Институт льна» насчитывает 258 образцов из 37 стран мира (рис.). Родиною большинства коллекционных сортообразцов являются такие страны, как США, Канада, Аргентина, Россия.



Рис. Распределение сортообразцов льна масличного по странам происхождения.

Основная часть имеющихся образцов поступила из коллекций ВИРА и ВНИИЛ. Большинство коллекционных образцов являются межгеографическими, также имеются промежуточные типы и крупносемянные формы. Коллекция института ежегодно пополняется за счет новых поступлений из льносеющих научно-исследовательских организаций ближнего и дальнего зарубежья и обмена с селекционерами других регионов республики.

В результате анализа проявления полезных, селекционно значимых признаков у коллекционных образцов льна в институте были сформированы признаковые коллекции с низкой или высокой выраженностью признака (в зависимости от направления использования) для селекции. Их формирование позволило более комплексно использовать биологи-

ческий потенциал культуры при создании качественно новых отечественных конкурентоспособных сортов. Разработаны и внедрены в селекционную практику методические указания по изучению коллекции льна, которые устанавливают требования к выполнению операций по размещению и посеву коллекционных питомников, уходу и наблюдениям за посевами, уборке и учету урожая [5]. Сформирована коллекция эталонных образцов льна, жизнеспособность которой поддерживается ежегодным пересевом, составлен Национальный каталог генетических ресурсов льна (*Linum usitatissimum* L.), Национальная базовая коллекция льна.

Основным методом создания новых сортов льна масличного является межсортовая гибридизация с участием лучших отечественных и зарубежных сортов, результатом которой является ценный гибридный материал, обладающий большим разнообразием форм по основным хозяйственно полезным признакам. В гибридных питомниках F_2 - F_5 осуществляется отбор родоначальных растений в пределах отдельных комбинаций для достижения генетической однородности селективируемых признаков. Дальнейшая всесторонняя оценка лучших отобранных форм в сравнении с контролем и выделение перспективных образцов продолжается в селекционных питомниках.

В результате такой работы созданы отечественные сорта льна масличного Брестский, Илим, Опус, Салют, Фокус, Визирь. Эти сорта сочетают в себе более полный комплекс хозяйственно ценных признаков, значительно превосходят стандарты. При большом потенциале урожайности и масличности семян сорта отличаются биологической пластичностью, устойчивостью в зонах их выращивания.

Краткая характеристика новых перспективных сортов льна масличного, результаты их испытания и районирования.

Сорт Илим – среднеспелый, голубоцветковый, семена коричневые. Создан в лаборатории селекции льна масличного РУП «Институт льна» методом гибридизации и последующего индивидуального отбора. По итогам селекционного сортоиспытания показал среднюю урожайность семян 22,1 ц/га, масса 1000 семян составила 6,9 грамма. Содержание масла в семенах 47,6%, содержание АЛК – 56,95%. Поражение болезнями 16,6%. Устойчивость к полеганию 4,6 балла (по 5-балльной шкале). За годы государственного сортоиспытания сорт Илим практически по всем сортоиспытательным станциям зарекомендовал себя как высокоурожайный сорт (максимальная урожайность семян получена на Щучинском ГСУ – 30,6 ц/га), продолжительность вегетационного периода – 90,8 дней (на уровне стандарта), высота растения составила 72,6 см. Отличается высоким содержанием масла 43,3% (+ к стандарту 11,4%). Запатентован в Республике Беларусь (патент № 337). Внесен в Государственный реестр сортов с 2013 года.

Сорт Опус – позднеспелый, голубоцветковый сорт, семена коричневые. Создан в лаборатории селекции льна масличного РУП «Институт льна» методом гибридизации и последующего индивидуального отбора. В селекционном сортоиспытании средняя урожайность семян составила 22,9 ц/га, что на 3,9 ц/га (20,5%) выше, чем у стандарта. Содержание масла в семенах 44,6%. Поражение болезнями 12,1%. Устойчивость к полеганию 5,0 балла. За годы государственного сортоиспытания обеспечил максимальную урожайность семян на Щучинском ГСУ – 27,4 ц/га. Продолжительность вегетационного периода – 91,3 дня (на уровне стандарта), высота растения составила 78,7 см. Запатентован в Республике Беларусь (патент № 343). Внесен в Государственный реестр сортов с 2013 года.

Сорт Салют – создан методом гибридизации и последующего индивидуального отбора. Сорт позднеспелый, го-

лубоцветковый. Семена коричневые, крупные. Проявил устойчивость к фузариозному увяданию на уровне 20,7%. Урожайность семян 18,9 ц/га, что на 3,7 ц/га (24,3%) выше, чем у стандарта, обладает высокой устойчивостью к полеганию (5,0 баллов). Содержание масла выше, чем у стандарта на 10,7% (50,5 и 45,6% соответственно). За годы государственного сортоиспытания максимальная урожайность семян – 29,6 ц/га (Щучинский ГСУ). Масса 1000 семян составила 5,6 г. Устойчивость к полеганию 5,0 балла. Запатентован в Республике Беларусь (патент № 410). Внесен в Государственный реестр сортов с 2014 года.

Сорт Фокус – создан методом гибридизации и последующего индивидуального отбора. Сорт раннеспелый, голубоцветковый. Семена коричневые, крупные. Устойчивость к полеганию – 5,0 балла. Проявил высокую устойчивость к расам фузариозного увядания, внесенным в инфекционно-провокационный питомник. В селекционном сортоиспытании средняя урожайность семян составила 22,1 ц/га, что на 4,9 ц/га (28,86%) выше, чем у стандарта. Содержание жира выше, чем у стандарта на 11,03 абс. % (45,3 и 40,8% соответственно). Сбор масла составил 8,5 ц/га, что на 44,1% выше, чем у стандарта. Сорт проходит испытание в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» с 2014 года, максимальная урожайность семян получена на Молодечненской СС – 26,4 ц/га в 2015 году.

Сорт Визирь – создан в лаборатории селекции льна масличного РУП «Институт льна» методом гибридизации и последующего индивидуального отбора. Сорт среднеспелый, голубоцветковый. Семена коричневые, крупные. Устойчивость к полеганию – 5,0 балла. Проявил высокую устойчивость к расам фузариозного увядания, внесенным в инфекционно-провокационный питомник. Урожайность семян за 2013–2015 гг. составила 24,0 ц/га, что на 2,9 ц/га (13,7%) выше, чем у стандарта. Содержание жира выше, чем у стандарта (45,71 и 44,3% соответственно). Сбор масла составил 9,43 ц/га (+ 17,3% к стандарту). Сорт передан в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» для испытания с 2016 года.

Внедрение вышеперечисленных сортов льна масличного в сельскохозяйственное производство позволит расширить посевные площади в республике под этой перспективной культурой.

Литература

1. Лукомец В. М. Современное состояние производства и научного обеспечения льна масличного / В. М. Лукомец, А. В. Кочегура, Л. Г. Рябенко // Материалы Международного семинара «Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека». – Торжок, 2011. – С. 34–44.
2. Павлова Л. Н. Сорт – основа успешного развития льноводства / Л. Н. Павлова // Материалы Международного семинара «Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека» – Торжок, 2011. – С. 52–56.
3. Жученко А. А. – мл. Мобилизация генетических ресурсов льна / А. А. Жученко, Т. А. Рожмина. – Старица, 2000 г.
4. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород. – Минск, 2015. – С. 36.
5. Богдан В. З. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / В. З. Богдан, Е. В. Иванова, Е. Л. Андроник, Т. М. Богдан, Л. В. Ивашко, М. Е. Маслинская. – Устье, 2011. – 13 с.

УДК 633.854.54: 631.526.32

Сортоиспытание льна масличного в условиях Саратовской области

Strain test of oil flax in conditions of the Saratov region

А. А. ДОРОГОБЕД
ФГБУ «Госсорткомиссия»
по Саратовской области,
г. Саратов
e-mail: gss_saratov@mail.ru

A.A. DOROGOVED
FGBU «Gossortcommissiya»
in the Saratov Region
Saratov
e-mail: gss_saratov@mail.ru

Сортоиспытание льна масличного в Саратовской области до 2016 года проводилось на Краснокутском ГСУ, но в связи с тем, что культура лен масличный интересна для Саратовской области и ежегодно расширяются посевные площади (2013 г. – 11504 га, 2014 г. – 20979 га, 2015 г. – 43178 га), считаем необходимым для получения более объективных данных проводить испытания льна масличного в двух климатических зонах (Краснокутский и Балтайский ГСУ).

Испытания проводятся на ООС и на хозяйственную полезность. Конкурсное испытание проводят по следующим показателям: урожайность при стандартной влажности, высота растений, масса 1000 зерен, устойчивость к засухе, устойчивость к осыпанию, вегетационный период, густота растений, поражаемость болезнями и повреждение вредителями. При изучении сортов льна на ООС наблюдения проводят по 15 признакам.

Из 24 сортов льна масличного, находящихся в Государственном реестре, по 8-му региону районированы следующие сорта льна масличного:

Итиль-2015 г., Рашель-2015 г., Северный-1994 г., Ручеек-1998 г., Флиз-2013 г. Все они проходили испытание в Саратовской области. Наиболее высеваемым сортом в Саратовской области является ВНИИМК-620 – сорт стандарт (2013 г. – 3034 га, 2014 г. – 8668 га, 2015 г. – 18579 га), районирован по 4, 6, 7, 9-му регионам. Навтором месте – сорт Северный (2013 г. – 2869 га, 2014 г. – 4032 га, 2015 г. – 7521 га). Сорт Лучезарный (заявитель ООО «Сортсемовощ»), оставлен еще на один год испытания, и осенью 2016 года по нему будет принято окончательное решение. Желательно в области по этому сорту заложить производственное испытание под руководством филиала ФГБУ «Госсорткомиссия».

В 2015 году на хозяйственную полезность филиалом испытывалось 6 сортов льна, на ООС – 10 сортов.

Семеноводством по льну масличному в России занимаются:

1. ФГБУ «ВНИИ масличных культур имени В. С. Пустовойта», 350038 г. Краснодар, ул. Филатова, 17;
2. ГНУ «ВНИИ льна Россельхозакадемии», 172002 Тверская область, г. Торжок, ул. Луначарского, д. 35;
3. ФГБУ «Российский НИПТИ сорго и кукурузы», 410050 г. Саратов-50, пос. Зональный;
4. ГНУ «Донская опытная станция масличных культур им. Л. А. Жданова ВНИИМК», 346754 Ростовская область, Азовский район, п/о Суходольск, пос. Опорный, ул. Жданова, 2;
5. ООО «Саратовсортсемовощ», 410600 г. Саратов, ул. Кутякова, 74/5;
6. ФГБУ «Сибирская опытная станция ВНИИМК им. В. С. Пустовойта», 646225 Омская область, г. Исилькуль, ул. Строителей, д. 2.

Краткие характеристики сортов:

Северный

Заявитель: ФГБНУ «Сибирская опытная станция ВНИИМК им. В. С. Пустовойта». Высота растений – 47–54 см. Масса 1000 семян – 6,2–8,3 г. Вегетационный период – 93–118 дней. Средняя урожайность – 7,2 ц/га. Содержание жира в семенах – 44,4 – 46,2%. Семена коричневые. Назначение: для получения масла.

® Ручеек

Заявитель: ФГБНУ «ВНИИ масличных культур имени В. С. Пустовойта».

Масса 1000 семян – 5,8–7,3 г. Средняя урожайность – 11,6 ц/га. Содержание жира в семенах – 49%. Семена коричневые. Назначение: для получения масла.

® Флиз

Заявитель: ФГБНУ «ВНИИ масличных культур имени В. С. Пустовойта». Масса 1000 семян – 7,2 г. Вегетационный период – 74 дня. Средняя урожайность – 5,7 ц/га. Содержание жира в семенах – 46,6%. Устойчивость к засухе – 2. Семена коричневые. Назначение: для получения масла.

Рашель

Заявитель: ФГНУ НИПТИ Россорго. Вегетационный период – 96 дней.

Масса 1000 семян – 5,6 г, высота растений – 77 см. Болезнями и вредителями не поражен. Устойчивость к засухе – 4 балла. Средняя урожайность – 7 ц/га, Семена коричневые. Назначение: для получения масла

Итиль

Заявитель: ФГНУ НИПТИ Россорго и В. И. Жужукин. Вегетационный период – 97 дней. Масса 1000 семян – 5,8 г, высота растений – 47–52 см. Болезнями и вредителями не поражен. Устойчивость к засухе – 4 балла. Средняя урожайность – 7,4 ц/га. Семена желтые. Назначение: для получения масла.

Рекомендации по технологии выращивания

Лен масличный – ценная сельскохозяйственная культура, которую широко используют в промышленности. Из него получают техническое масло и дешевый растительный белок для животноводства. В семенах льна содержится до 48% масла, которое используется в виде технического сырья для ряда отраслей промышленности. В последние годы во всем мире возрос интерес к использованию льняного масла в пищу в связи с его лечебными свойствами, обусловленными высоким содержанием линоленовой кислоты.

В практике кормления сельскохозяйственных животных льняной жмых признается одним из лучших. Льняной жмых пригоден в корм для всех сельскохозяйственных животных. Цельное льняное семя используется как популярные добав-

ки к различным сортам хлеба и крупяным смесям, для обсыпки кондитерских изделий.

Лен масличный относится к культурам ранних сроков сева.

Норму высева устанавливают из расчета 5–6 млн/га всхожих семян, или 50–60 кг при обычном способе сева, и 3,5–4 млн/га (35–40 кг/га) при ширококормном (45 см).

Лучшими предшественниками льна масличного являются озимая пшеница, яровая пшеница по черному пару, кукуруза, картофель, бахчевые культуры. Не рекомендуется сеять лен после подсолнечника.

В севообороте лен можно возвращать на то же самое поле не ранее чем через 6–8 лет. При выборе предшественников для льна нужно учитывать его низкую конкурентоспособность к сорнякам. Согласно биологическим особенностям лен созревает неравномерно. Лен масличный можно убирать как прямым комбайнированием, так и раздельным способом. Раздельный способ более предпочтителен, поскольку этим способом лен можно убирать на 6–8 дней раньше, не дожидаясь полного созревания коробочек.

УДК 633.854.54

Специализированные сорта и инновационные приемы производства масличного льна

Specialized varieties and innovative production techniques of oil flax

**Т. А. РОЖМИНА¹,
А. А. ЖУЧЕНКО, мл.²,
В. П. ПОНАЖЕВ¹, И. А. КУЗЕМКИН¹**
¹ФГБНУ «ВНИИ льна»,
г. Торжок
e-mail: vniil@mail.ru
²ФГБНУ ВСТИСП,
г. Москва
e-mail: ecovilar@mail.ru

**T. A. ROZHMINA¹,
A. A. ZHUCHENKO², jr.,
V. P. PONAZHEV¹, I. A. KYSEMKIN¹**
¹Federal state budgetary scientific
institution «All-Russian Flax Research
Institute», Torzhok
e-mail: vniil@mail.ru
²All-Russia Selection-Technological
Institute of Horticulture and Nursery
practice, Moscow
e-mail: ecovilar@mail.ru

В работе представлено внутривидовое разнообразие льна по составу и свойствам семени, имеющее ценность для получения новых продуктов пищевого и фармацевтического назначения. Рассмотрены инновационные приемы возделывания масличного льна, направленные на обеспечение потребности растений в макро- и микроэлементах, защиты культуры от стрессовых факторов внешней среды и вредных объектов (вредители, болезни, сорняки), дружности созревания семян. Показана роль сорта и технологии в получении высокой и гарантированной урожайности льносемян с заданными параметрами качества.

Ключевые слова: лен масличный, генотип, состав и свойства семян, удобрения, средства защиты, стимуляторы роста, десикация.

An intraspecific diversity of flax in composition and properties of the seed, which

has significance for new products of food and pharmaceutical purpose, is presented. Innovative techniques of cultivation of oil flax, which are focused on satisfaction of plants needs in macro- and microelements, protection of culture against stress factors of environment and harmful objects (blasts, diseases, weeds), vigor of ripening of seeds are considered. The role of a variety and technology in the high and guaranteed productivity of seeds of flaxseeds with the set-up parameters of quality is shown.

Key words: oil flax, genotype, composition and properties of seeds, fertilizers, crop protection agents, growth factors, desiccation.

Несмотря на позитивные тенденции в питании населения Российской Федерации, до сих пор отмечается дефицит полноценных белков, высококачественных ненасыщенных жирных кислот, особенно класса ω-3, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов, что не соответствует основным принципам сбалансированного питания. В связи с чем восполнение основных физиологически важных пище-

вых ингредиентов за счет расширения производства продуктов функционального назначения является одной из основных задач в решении проблемы продовольственной безопасности страны.

В условиях Российской Федерации перспективным сырьем для получения таких продуктов являются семена льна масличного. Это высокотехнологичная культура, обладающая широким адаптивным потенциалом, позволяющая обеспечить высокорентабельное производство практически на всей территории страны [1]. Выявление в составе семени льна биологических компонентов, благотворно влияющих на здоровье человека, привело к существенному увеличению спроса на семена льна и, как следствие, расширению посевных площадей под культурой. В мировом сельском хозяйстве производством площади посевов льна масличного составляют 3,2 млн га. В России после резкого спада производства культуры в конце прошлого столетия, когда площади посева сократились до 5 тыс. га, в последнее десятилетие наблюдается стремительное расширение посевных площадей масличного льна [2]. В 2015 году площадь под масличным льном в стране составила свыше 600 тыс. га.

Семена льна являются источником высококачественных ненасыщенных кислот, лигнанов, легко усваиваемых протеинов, диетической клетчатки, витаминов и минеральных элементов. Каждый из указанных компонентов влияет на пищевую, диетическую и лечебную ценность льняного семени [3, 4]. При этом содержание биохимических компонентов в семени льна в значительной мере зависит от сорта (генотипа) и технологии его возделывания.

Всероссийский НИИ льна располагает одной из крупнейших в мире коллекций рода *Linum*, насчитывающей свыше 7 тыс. образцов, что позволяет создавать специализированные сорта масличного льна с учетом требований технологий в различных регионах РФ, направленных на получение новых продуктов для персонализированного питания, лечебных препаратов, высококачественных кормов и других целей.

Льняное семя – богатейший природный источник *альфа линоленовой кислоты*. Наличие в диете человека данной кислоты снижает уровень холестерина в крови, оказывает профилактическое сердечно-сосудистое и противоопухолевое действие, усиливает регенерацию тканей. Сорта масличного льна, возделываемые в производстве, в подавляющем большинстве характеризуются повышенным содержанием в масле линоленовой кислоты (в среднем 55–60%). Впервые в отечественной селекции в 2002 году был создан высокопродуктивный сорт пищевого назначения ЛМ-98 (сел. ВНИИ льна) с низким содержанием линоленовой кислоты, что позволяет обеспечить получение существенного экономического эффекта за счет значительного увеличения продолжительности хранения масла [5, 6]. Сорт имеет относительно непродолжительный вегетационный период, что является важнейшим фактором получения высокого и гарантированного урожая семян в условиях Центрального Федерального округа. Так, в производственных условиях Воронежской области (ООО «Александровское») в 2015 году урожай семян сорта ЛМ-98 составил 2,4 т/га при среднем урожае масличного льна по Российской Федерации 0,8 т/га.

Семена льна по содержанию *лигнанов* в сотни раз превосходят все другие пищевые продукты. Лигнаны – это фенольные соединения, обладающие антимитотическим действием, что позволяет защитить организм человека от онкологических заболеваний, вызванных гормональными причинами. По данным канадского Совета по льну, концентрация лигнанов в семени в зависимости от генотипа (сорта) может изменяться от 13,6 до 32,2 мг/г [7].

Другим ценным компонентом льняного семени являются *диетические волокна*, способствующие улучшению моторики желудочно-кишечного тракта. Растворимая фракция диетических волокон – это слизь. В зависимости от генотипа различия по содержанию в семенах льна слизи составляют от 35,8 до 335,9 мг/г [8]. В коллекции института льна имеются образцы льна с очень высоким содержанием в семенах слизи – к-5325, к-5628 и др.

По содержанию белка семена льна превосходят злаковые культуры в 2,0–2,5 раза. В зависимости от генотипа содержание белка в семени льна может варьировать от 15 до 33,8% [9]. Высокое содержание белка выявлено у сортов ЛМ-98, Санлин и др. В состав льняного белка входят все незаменимые аминокислоты, содержание которых также имеет генотипспецифичный характер. Льняные белки характеризуются значительным количеством серосодержащих аминокислот, что обеспечивает более высокий антиоксидантный статус организма по сравнению с соевым белком [10].

На качество масла льна оказывает влияние не только жирнокислотный состав, но и содержание в нем биологически активных компонентов. В зависимости от генотипа различия по содержанию их в масле составляют: токоферолы – в 2 раза, каратин и каратиноиды – 5, хлорофиллы – 15 и фитостероиды – 1,5 [11].

Наличие *витаминов (А, В, Е, F, Р) и микроэлементов* (калий, селен, медь, железо и др.) в семени льна улучшает обмен веществ, ингибирует всасывание холестерина, оказывает антиокислительное действие и др.

Ограничивающими факторами для широкого использования семян льна в пищевой и фармацевтической промышленности являются: повышенное содержание в них цианогенных гликозидов, тяжелых металлов (Cd и др.) и других химических соединений, используемых для повышения плодородия почвы и защиты культуры от вредных объектов. Установлено, что в зависимости от генотипа различия по содержанию в семени льна кадмия составляют почти в 10 раз – от 0,14 до 1,37 мг/кг сухой массы [12].

Таким образом, использование биологического потенциала культуры позволяет обеспечить создание специализированных сортов с заданным биохимическим составом льняного семени пищевого и фармацевтического назначения.

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

По результатам проведенных нами исследований образцов мирового генофонда масличного льна высокой урожайностью волокна, на уровне 12 ц/га при содержании его в стебле – свыше 30%, характеризуется сорт канадской селекции Mc Diff. По анатомическим показателям, определяющим качество волокна, сорт Mc Diff приближается к сорту льна-долгунца Светоч, который относится к 1-й группе по прядильной способности (табл. 1).

При использовании волокна масличного льна в высокотехнологичных отраслях экономики (оборонный комплекс – спецвещества, фармацевтическая промышленность – медицинская вата и др.) необходимо иметь низкую его заостренность. В результате проведенных нами исследований (2014–2015 гг.) выявлены сорта с высокой декортикационной способностью (отделяемость волокна от древесной части стебля) – Северный, ЛМ-98, Raciol и др., что позволяет обеспечить получение волокна, отвечающего данным требованиям.

Таблица 1

Характеристика сортов прядильного и масличного льна по анатомическим показателям стебля (ВНИИЛ, 2014-2015 гг.)

Название образца	Кол-во пучков элементарных волокон, шт.	Степень одревеснения, %	Количество элем. волокон, шт.	Толщина стенки элем. волокон, мкм
Светоч	32	13,0	736	5,45
Mc Duff	27	8,7	648	6,50
Воронежский-1308 – станд.	23	30,0	460	

Для реализации потенциала сортов масличного льна в производственных условиях и получения высококачественных экологически чистых семян необходимо использовать инновационные приемы возделывания культуры.

Масличный лен отзывчив на внесение удобрений, при этом особенно требователен к микроэлементному питанию [13]. В опытах ВНИИ льна на дерново-подзолистой почве в варианте $N_{30}P_{30}K_{30}$ с обработкой посевов сорта ЛМ-98 в фазу «елочка» препаратом Сивид Zn при совместном внесении с гербицидами урожайность семян составила 17,2 ц/га, что на 4,4 ц/га выше по сравнению с вариантом $N_{30}P_{30}K_{30}$ без применения микроэлементов [14].

На почвах с нейтральной рН лен поражается бактериозом. В связи с чем институтом льна было испытано новое комплексное борсодержащее удобрение, разработанное ОАО «ФосАгро Череповец» для льна масличного, применение которого позволяет не только предотвратить опасность развития бактериоза, но и обеспечить существенное повышение урожайности льносемян (табл. 2). Так, прибавка урожая по сравнению с контролем (без удобрений) в варианте с $N_{30}P_{30}K_{30}$ составила 1,7 ц/га, а при использовании борсодержащего удобрения $N_{31}P_{51}K_{31}B_{2,2}$ – 3,1 ц/га. Дополнительный чистый доход от применения борсодержащего удобрения составил 4133 руб./га, в то время как в варианте с использованием азотоски ($N_{30}P_{30}K_{30}$) – всего 218 руб./га.

Таблица 2

Эффективность применения макро- и микроудобрений на сорте масличного льна ЛМ 98 (Тверская область, 2013-2015 гг.)

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость прибавки, руб./га	Затраты на удобрения, их внесение, доработку продукции, руб./га	Чистый доход, руб./га
Без удобрений	11,7	–	–	–	–
Азотоска $N_{30}P_{30}K_{30}$	13,4	1,7	5950	5732	218
Смесь удобрений $N_{45}P_{60}K_{90}$	16,7	4,9	17150	11251	5899
Азотно-фосфорно-калийное с бором $N_{31}P_{51}K_{31}B_{2,2}$	14,9	3,1	10850	6717	4133

Примечание: стоимость семян – 35 руб./кг; затраты на доработку дополнительной продукции – 550 руб./ц.

В современных условиях, учитывая значительный рост цен на удобрения, учеными института разработана биологизированная система улучшения плодородия почвы в льня-

ном севообороте, основанная на применении сидеральных и промежуточных культур, новых предшественников [15]. К примеру, использование в качестве сидеральной культуры горчицы белой позволяет не только компенсировать потребность растений льна в питательных веществах, но и существенно снизить засоренность посевов сорной растительностью и зараженность почвы, что важно для получения экологически чистых льносемян. Более того, как показывают исследования, проведенные во ВНИИ льна, использование данного приема позволяет обеспечить низкое накопление в семенах льна кадмия и других тяжелых металлов (табл. 3).

Таблица 3

Количество тяжелых металлов, поступивших в почву при использовании в льняном севообороте различных удобрений и извести [16]

Удобрения	Pb	Cd	Ni	Cr
Торфоновозный компост, 70 т/га	138	11	257	486
Минеральные удобрения, 0,97 т/га д.в (за ротацию)	11,4	1,99	23,8	2,08
Зеленая масса горчицы белой, 20 т/га	0,27	0,57	2,10	0,67
Солома озимой ржи и ячменя, 6,1 т/га	0,29	0,11	1,10	0,83
Известь, 2,8 т/га	1,40	2,8	7,0	1,7

С целью сокращения продолжительности ротации льняного севооборота (введение вместо 6–7-польных севооборотов – 4–5-польных), наряду с использованием культур, способствующих обеззараживанию почв, представляет интерес биофунгицид Стернефаг, рекомендованный для обработки стерни и растительных остатков сразу после уборки урожая. Данный технологический прием обеспечивает не только подавление почвенных фитопатогенов, но и ускорение разложения растительных остатков для повышения плодородия почвы [17]. Так, в опытах, проводимых ВНИИ льна на дерново-подзолистой почве (2014–2015 гг.), целлюлозоразлагающая активность почвенных микроорганизмов в посевах льна повысилась в варианте с применением препарата Стернефаг через 30 суток на 22,3 и 50 суток – на 35,8%.

Институтом разработана система комплексной защиты посевов масличного льна от сорняков, вредителей и болезней, адаптированная к конкретным условиям агробиотозов. Для борьбы с болезнями и вредителями предложены не только высокоэффективные химические препараты, но и стимуляторы роста, обладающие фунгицидными свойствами (Энергия М, Экост и др.), что позволяет обеспечить получение экологически чистых льносемян [18].

Для борьбы с сорной растительностью в посевах льна масличного институтом предложены высокоэффективные гербициды и их композиции – Магnum + Хакер + Гербитокс-Л (7 г/га + 80 г/га + 1,0 л/га), Магnum + Хакер + Гербитокс-Л + Миура (7 г/га + 80 г/га + 1,0 л/га + 1,0 л/га), Секатор Турбо+Пантера (0,1 л/га + 1,0 л/га), Секатор Турбо + Гербитокс-Л + Пантера (0,075 л/га + 0,6 л/га + 1,0 л/га), Тифи + Гербитокс-Л + Клетодим Плюс Микс (10 г/га + 0,8 л/га + 0,7 г/га + 0,7 л/га), Тифи + Клео + Клетодим Плюс Микс (15 г/га + 90 г/га + 0,7 г/га + 0,7 л/га) [19].

Лен является культурой, весьма чувствительной к применению гербицидов. Для снижения стрессового воздействия на растения льна гербицидных композиций, а также неблагоприятных факторов внешней среды впервые учеными института предложены производству высокоэффективные экологически безопасные препараты-антистрессанты со свойствами стимуляторов роста [20–22]. Разработаны технологические регламенты их совместного применения на посевах льна совместно с гербицидами и их композициями.

Для обеспечения сохранности урожая и качества семян необходимо проведение десикации посевов масличного льна. Данный прием позволяет ускорить дружное созревание семян, предотвратить опасность развития пасмо, а также повысить технологичность процесса уборки. Для десикации семенных и товарных посевов на пищевые цели на масличном льне зарегистрирован высокоэффективный препарат Торнадо 540 (540 г/л глифосата кислоты в виде калийной соли), который оказывает быстрое подсушивающее действие, отток пластических веществ в семена прекращается через 4–5 суток. Норма расхода препарата 1,3–1,8 л/га, оптимальная фаза применения – «ранняя желтая спелость» [19].

Выводы

Уникальность биохимического состава семян льна позволяет рассматривать семя льна как уникальный продукт питания, а также ценное сырье для производства масложировой продукции, широкого ассортимента хлебобулочных, крупяных, кондитерских изделий, пищевых добавок на основе получения промежуточных продуктов переработки с высоким содержанием тех или иных ценных компонентов семян. Использование специализированных сортов и инновационных технологических приемов в различных регионах РФ позволяет получать не только высокий и гарантированный урожай семян льна масличного, но и обеспечить оптимальный биохимический состав семян для производства широкого ассортимента продуктов функционального назначения, а также высокую эффективность технологии. При этом имеются дополнительные возможности при использовании волокнистой части стебля с учетом сортовых особенностей культуры.

Литература

1. Лукомец В. М. Современное состояние производства и научного обеспечения льна масличного / Лукомец В. М., Кочегура А. В., Рябенко Л. Г. // Материалы Международного семинара. – Торжок, 2012. – 33–43 с.
2. FAOSTAT domains: «crops processed», element: «Area harvested», crops: linseed, flax. Cited 29.10.2014. URL: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
3. Жученко А. А.-мл., Рожмина Т. А. Мобилизация генетических ресурсов льна. – Старица. ВИЛАР, 2000. – с. 224.
4. Рожмина Т. А. Генетическое разнообразие льна (*Linum usitatissimum*) и его комплексное использование в селекции. Автореферат на соиск. доктора биол. наук / С.-Петербург, 2004. – 43 с.
5. Жученко А. А.-мл., Рожмина Т. А., Голубева Л. М., Киселева Т. С., Крылова Т. В., Лошакова Н. И., Ущеповский И. В. Авторское свидетельство № 38422, лен масличный ЛМ-98, 27.05.2002.
6. Рожмина Т. А. Лен масличный: сорт ЛМ-98 и его агротехнологии / Рожмина Т. А., Понажев В. П., Захарова Л. М. Рекомендации. – Тверь, 2014. – 20 с.
7. Muir A. D., Westcott N. D. Flax. – London, New York, 2003. – 297 p.
8. Diedrachsen A., Variation of Mucilage in flax seed and its relationship with other seed characters / Diedrachsen A., Raney J. Philip, Duguid Skott D // Crop Breeding, Genetics and Cytology, № 46. – America, 2006. – P. 365–371.
9. Толкачев О. Н., Жученко А. А.-мл. Биологически активные вещества льна: использование в медицине и питании (обзор) / Толкачев О. Н., Жученко А. А.-мл. // Химики-фармацевтический журнал, 2000, № 7. – С. 23–28.
10. Зубцов В. А. Потребительская ценность семян льна в мучных изделиях / Зубцов В. А., Стеблинин А. Н., Миневиц И. Э. // Хлебопродукты, 2003, № 2. – С. 21.
11. Фадеева Т. М. Морфобиологические особенности льна культурного и использование их в селекции при интродукции в Среднем Поволжье». – Автореф. дис. ...канд. наук. – Рамонь, 2008. – 21 с.
12. Viming Li, Scheiter A. A., Miller J. F. Screening for low grain cadmium phenotypes in sunflower, durum wheat and flax // Euphytica. – 1997, 94. – № 1. – P. 23–30.
13. Галкин Ф. М. Лен масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборка / Галкин Ф. М., Хатнянский В. И., Тишков Н. М., Пивень В. Т., Шафоростов В. Д. – Краснодар, 2008. – 191 с.
14. Сорокина О. Ю. Управление продукционным процессом с помощью минеральных удобрений // Инновационные разработки для производства льна. Материалы Международной научно-практической конференции. – М, 2015. – С. 61–66.
15. Сухопалова Т. П. Рекомендации по использованию новых предшественников льна-долгунца, подсеменных и поукосных промежуточных культур в севообороте с целью повышения урожайности и улучшения качества льнопродукции. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. – 20 с.
16. Тихомирова В. Я. Лен-долгунец как рекультиватор почвы, загрязненной тяжелыми металлами // Материалы Международного семинара. – Торжок, 2012. – с. 104–108.
17. Морозов Д. О., Юваров В. Н. Новый высокоэффективный препарат для разложения стерни и соломы // Земля и жизнь, 2011, № 3. – С. 8.
18. Кудрявцев Н. А., Зайцева Л. А. Обработка семян – обязательный этап при возделывании льна. Защита и карантин растений, № 2, 2015. – С. 20–21.
19. Шиндин А. П. Лен. Технологии возделывания и защиты от вредных организмов. / Шиндин А. П., Захарова Л. М., Павлова Л. Н., Рожмина Т. А. – ООО НПО «РосАгроХим», – Москва, 2012. – 141 с.
20. Захарова Л. М. Препарат комплексного действия МиГим на посевах льна-долгунца и льна масличного / Захарова Л. М., Кудрявцев Н. А., Кудряшова Т. А., Козьякова Н. Н. Методические рекомендации. – Торжок–Москва, 2015 г.
21. Захарова Л. М. Кудрявцев Н. А. Эффективность применения биологического фунгицида Витаплан на посевах льна. – Защита и карантин растений, №4, 2015. – С. 26–29.
22. Рыбченко Т. И. Развитие льноводства в Смоленской области (научно-практические рекомендации). Рыбченко Т. И., Новиков В. М., Кононова А. М., Рожмина Т. А. – Смоленск, 2015. – 59 с.

УДК 577.218

Дифференциальная экспрессия генов у растений льна при выращивании в условиях дисбаланса элементов питания

Differential expression of genes in flax plants for cultivation under out-of-balance conditions of nutrition elements

Н. В. КОРОБАН¹, Н. В. МЕЛЬНИКОВА¹,
Н. Л. БОЛЬШЕВА¹, Г. С. КРАСНОВ¹,
М. С. БЕЛЕНИКИН¹,
А. С. СПЕРАНСКАЯ^{1,2},
А. А. КРИНИЦЫНА²,
О. В. МУРАВЕНКО¹,
А. В. КУДРЯВЦЕВА¹,
А. А. ДМИТРИЕВ¹

¹ФГБНУ «Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта» РАН,
г. Москва

e-mail: isinfo@eimb.ru

²МГУ им. М. В. Ломоносова

г. Москва

e-mail: Alex_245@mail.ru

N. V. KOROBAN¹, N. V. MELNIKOVA¹,
N. L. BOLSHEVA¹, G. S. KRASNOV¹,
M. S. BELENIKIN¹,
A. S. SPERANSKAYA^{1,2},
A. A. KRINITSYNA²,
O. V. MURAVENKO¹,
A. V. KUDRYAVTSEVA¹,
A. A. DMITRIEV¹

¹Engelhardt Institute of Molecular Biology,
Russian Academy of Sciences, Moscow

e-mail: isinfo@eimb.ru

²Department of Higher Plants, Lomonosov
Moscow State University

Moscow

e-mail: Alex_245@mail.ru

На секвенаторе платформы Illumina проведено высокопроизводительное секвенирование транскриптомов растений льна, выращенных в условиях дисбаланса элементов питания. На основе полученных данных выбрано 17 генов для дальнейшего анализа методом количественной ПЦР на расширенной выборке образцов. В условиях избыточного питания выявлено изменение экспрессии генов, кодирующих белки семейства WRKY. В условиях недостатка фосфатов изменялась экспрессия генов, кодирующих белки семейства JAZ (jasmonate-zim-domain), HARBI1 и ингибитор роста 1 (ING1).

Ключевые слова: лен, *Linum usitatissimum*, высокопроизводительное секвенирование, экспрессия генов, элементы питания.

High throughput sequencing of transcriptomes of flax plants, which were grown under out-of-balance conditions of nutrition elements, on the platform of sequencer Illumina is made. 17 genes for the following analysis with method of Quantitative PCR in expanded sampling were chosen on the basis of obtained data. The change of expression of genes, which is encoded with protein family WRKY, is found out under conditions of overnutrition. The expression of genes, which is encoded with protein families JAZ (jasmonate-zim-domain), HARBI1 and growth inhibitor 1 (ING1), was changed under conditions of phosphates deficiency.

Key words: flax, *Linum usitatissimum*, high-throughput sequencing, expression of genes, nutrition elements.

Введение

Лен (*Linum usitatissimum* L.) – ценная сельскохозяйственная культура, которую используют для получения волокон и семян. Созданы сорта льна с высокой потенциальной продуктивностью, однако стрессовые воздействия окружающей среды могут приводить к значительным потерям урожайности. Для селекции устойчивых к неблагоприятным факторам сортов льна необходимо определить молекулярно-генетические механизмы ответа растений на стрессовые воздействия. Показано, что в условиях недостаточного или избыточного питания в некоторых линиях льна происходят наследуемые генетические изменения. Растения, унаследовавшие такие изменения, названы генотрофами [1]. Таким образом, лен обладает высокой пластичностью генома и является уникальным объектом для изучения механизмов адаптации растений к стрессовым факторам. В настоящей работе проведено высокопроизводительное секвенирование транскриптомов растений льна, выращенных в условиях недостатка или избытка питания, и определены гены с дифференциальной экспрессией.

Материалы и методы

Выделение РНК и ДНК

Проростки льна линии Stormont cirrus и сорта Bethune выращивали в стандартных условиях – N (каждые 7 дней в каждый горшок вносилось 100 мл 0,5х раствора Хогланда), в условиях недостатка фосфата – P (каждые 7 дней в каждый горшок вносилось 100 мл 0,5х раствора Хогланда с уменьшенной в 100 раз концентрацией KH_2PO_4), а также в условиях избыточного питания – NPK (каждые 7 дней в каждый горшок вносилось 100 мл 0,5х раствора Хогланда и 2,76 г удобрения MASTER (Valagro, Италия)). Выделение ДНК проводили фенол-хлороформным методом [2]. Тотальная РНК выделялась наборами ZR RNA MicroPrep (Zymo Research, США). Качество и концентрацию выделенной РНК оценивали на флуориметре Qubit 2.0 (Life Technologies, США), биоанализаторе Agilent 2100 (Agilent, США). Для дальнейшей подготовки библиотек микроРНК использовали только вы-

сококачественную РНК с показателем RIN не менее 8 и соотношением 260/280 и 260/230 около 2.

Идентификация вставки LIS-1

Для определения наличия/отсутствия инсерции LIS-1 (молекулярный маркер генотрофов) в растениях льна использовали полимеразную цепную реакцию (ПЦР). Реакция проводилась в объеме 25 мкл, содержащем 1х ПЦР смесь 5-Red (AmpliSens, Россия), 3 мМ дезоксинуклеозидтрифосфаты (AmpliSens, Россия), 10 мМ прямого и обратного праймеров и 20 нг геномной ДНК. Для выявления наличия LIS-1 использовались праймеры 5'-GGGTTTCAGAACTGTAACGAA-3' и 5'-GAGGATGGAAGATGAAGAAGG-3'; для детекции отсутствия LIS-1 – праймеры 5'-GGGTTTCAGAACTGTAACGAA-3' и 5'-GCTTGGATTAGACTTGGCAAC-3' [3]. ПЦР продукты разделяли в 2-процентном агарозном геле в ТАЕ буфере (ПанЭко, Россия) и окрашивали бромистым этидием. Гели фотодокументировали на приборе GelDoc (BioRad, США).

Высокопроизводительное секвенирование транскриптома льна

Пробоподготовка для высокопроизводительного секвенирования библиотек мРНК проводилась с использованием набора Illumina TruSeq RNA Library Preparation Kit (Illumina, США) согласно протоколам фирмы-производителя. Качество полученных кДНК библиотек оценивали на биоанализаторе Agilent 2100. На секвенаторе платформы Illumina определены нуклеотидные последовательности мРНК растений льна линии Stormont cirrus, выращенных в контрольных условиях (вставка LIS-1 отсутствует), а также в условиях недостаточного (вставка LIS-1 выявлена) или избыточного питания (вставка LIS-1 отсутствует).

Биоинформатическая обработка данных секвенирования

Сборка транскриптома проводилась программой SOAPdenovo. Аннотация собранных транскриптов выполнена с использованием BLAST анализа. Для количественной оценки и определения транскриптов с дифференциальной экспрессией осуществляли нормализацию [4].

Количественная ПЦР

Обратную транскрипцию РНК проводили с использованием обратной транскриптазы RevertAid (Fermentas, Латвия) по протоколу, рекомендованному производителем. Количественную ПЦР проводили на амплификаторе 7500 Real-Time PCR System (Applied Biosystems, США) в 20 мкл реакционной смеси. Реакционная смесь для амплификации мРНК содержала 1х ПЦР-смесь 2-FRT (AmpliSens, Россия), 250 нМ dNTP (Fermentas, Латвия), 350 нМ прямого и обратного праймеров, 2 U TaqF полимеразы (AmpliSens, Россия), 1х EvaGreen (Biotium, США) и кДНК. Программа амплификации была следующей: 95°C – 15 мин.; 50 циклов по 95°C – 15 с, 60°C – 62°C (в зависимости от праймеров) – 60 с; плавление. Нуклеотидные последовательности праймеров приведены в таблице. Всего использовано 17 пар праймеров и 31 образец льна линии Stormont cirrus и сорта Bethune.

Полученные данные проанализированы $\Delta\Delta C_t$ -методом с использованием двух контрольных генов (*ETIF3E* и *ETIF3H*) и оригинального приложения АТГ (Анализ Транскрипции Генов, [5]). Относительный уровень мРНК (*R*) рассчитывался по формуле:

$$\Delta\Delta C_t^{eff} = \Delta(C_t^{eff})^{N \text{ условия}} - \Delta(C_t^{eff})^{NPK/P \text{ условия}}$$

$$\Delta(C_t^{eff}) = (C_t^{eff})^{\text{целевой ген}} - (C_t^{eff})^{\text{контрольный ген}}$$

$$C_t^{eff} = C_t \times \log_2(1 + E)$$

где *E* – эффективность реакции, *C_t* – пороговый цикл (усредненный по 3-м повторностям).

Более высокое значение ΔC_t^{eff} соответствует более низкому значению уровня экспрессии. Эффективности всех реакций были более 95%. С учетом вариабельности контрольных генов значимыми считали изменения экспрессии в 2 и более раз. Для оценки статистической достоверности различий между группами образцов использовали критерии Манна-Уитни и Краскела-Уоллиса.

Результаты и обсуждение

Проведен анализ ДНК растений линии Stormont cirrus и сорта Bethune, выращенных в N, P и NPK условиях, на наличие вставки LIS-1. Для дальнейшей работы отобраны образцы линии Stormont cirrus со вставкой LIS-1 (10 образцов) и без вставки LIS-1 (12 образцов), а также сорта Bethune без вставки LIS-1 (9 образцов), выращенные в N, P и NPK условиях.

Секвенированы библиотеки кДНК растений льна линии Stormont cirrus, выращенных в N (LIS-1 отсутствует) условиях, а также в P (LIS-1 выявлена) и NPK (вставка LIS-1 отсутствует) условиях. После удаления ридов с низким качеством получено 55 млн прочтений длиной 100 нп для растений, выращенных в P условиях, 16 млн – в N условиях, 18 млн – в NPK условиях.

Всего идентифицирован 43471 транскрипт; число транскриптов для нормальных условий, избытка и недостатка питания составило 34924, 33698 и 33797 соответственно; максимальная длина транскрипта – 14619 нуклеотидов.

Показана дифференциальная экспрессия генов факторов транскрипции, дегидрогеназ, трансфераз, киназ, фосфатаз, цитохромов. Определены гены, экспрессия которых, по данным высокопроизводительного секвенирования, наиболее сильно изменяется в условиях избытка или недостатка питательных веществ (табл.).

На основе данных высокопроизводительного секвенирования выбраны 17 потенциально дифференциально экспрессирующихся генов у растений льна в условиях дисбаланса элементов питания для дальнейшего анализа на расширенной выборке образцов методом количественной ПЦР. В результате анализа в NPK условиях выявлено изменение экспрессии генов, кодирующих белки семейства WRKY, а в условиях недостатка фосфатов – генов, кодирующих белки семейства JAZ (jasmonate-zim-domain), белок HARBI1 и белок ингибитора роста 1 (ING1). Кроме того, отмечены различия в изменении экспрессии некоторых из данных генов в зависимости от исследуемой линии/сорта. В P условиях значимое снижение экспрессии гена, кодирующего белок HARBI1, который предположительно является нуклеазой [6], выявлено только в линии Stormont cirrus со вставкой LIS-1, а гена, кодирующего ингибитор роста ING1, – для линии Stormont cirrus как со вставкой LIS-1, так и без нее. Снижение экспрессии генов семейства WRKY в NPK условиях по сравнению с P условиями показано только для генотипов без LIS-1 (Bethune и Stormont cirrus без LIS-1), в то время как для Stormont cirrus с LIS-1 отмечена обратная тенденция. Белки семейства WRKY являются факторами транскрипции и участвуют в регуляции многих процессов, происходящих в растениях, включая ответ на действие абиотических стрессов [7]. Экспрессия генов, кодирующих белки семейства JAZ, во всех исследованных образцах изменялась сходным образом: повышалась в P условиях по сравнению с NPK условиями. Белки семейства JAZ являются репрессорами в сигнальных путях фитогормонов жасмонатов, регулирующих рост и развитие растений [8].

Таблица

**Гены льна с дифференциальной экспрессией при
выращивании в условиях избыточного
и недостаточного питания**

Недостаток питания	Избыток питания
WRKY DNA-binding protein 40	ATBT2, BT2 BTB and TAZ domain protein 2
TIFY domain/Divergent CCT motif family protein	CYP94C1 cytochrome P450, family 94, subfamily C
ASN1 glutamine-dependent asparagine synthase 1	BT1 BTB and TAZ domain protein 1
BTB and TAZ domain protein 4	FAD-binding Berberine family protein
Integrase-type DNA-binding superfamily protein	MLP-like protein 423
HSPRO2 ortholog of sugar beet HS1 PRO-1 2	AHAS, ALS, CSR1, IMR1, TZP5 chlorsulfuron/imidazolinone
nodulin MtN21 /EamA-like transporter family protein	GONST1 golgi nucleotide sugar transporter 1
Polynucleotidyl transferase, ribonuclease H-like superfamily protein	WRKY DNA-binding protein 70
TET8 tetraspanin8	AHB1, ARATH GLB1, ATGLB1, GLB1, HB1, NSHB1 hemoglobin 1
JAZ8/TIFY5A jasmonate-zim-domain protein 8	MLP-like protein 423
S-adenosyl-L-methionine-dependent methyltransferases superfamily protein	JAS1, JAZ10, TIFY9 jasmonate-zim-domain protein 10
Plant neutral invertase family protein	JAZ1, TIFY10A jasmonate-zim-domain protein 1
O-Glycosyl hydrolases family 17 protein	CYP94C1 cytochrome P450, family 94, subfamily C, polypeptide 1
O-methyltransferase family protein	BGLU32 beta glucosidase 32
GRAS family transcription factor	JAZ8, TIFY5A jasmonate-zim-domain protein 8
MYB41 myb domain protein 41	AZ8, TIFY5A jasmonate-zim-domain protein 8
WRKY DNA-binding protein 33	O-fucosyltransferase family protein
AT4G34950.1 Major facilitator superfamily protein	BGAL16 beta-galactosidase
ATBT2, BT2 BTB and TAZ domain protein 2	DDE1, OPR3 oxophytodieneoate-reductase 3
JAZ1, TIFY10A jasmonate-zim-domain protein 1	CYP76C4 cytochrome P450, family

Таким образом, нами изучены ответные реакции растений льна на стресс от дисбаланса элементов питания в почве и выявлены гены, экспрессия которых изменялась при избытке или недостатке питательных веществ. Большинство из этих генов выполняют регуляторные функции в растениях. Полученные результаты дают новую информацию о про-

цессах, происходящих при воздействии на растения льна неблагоприятных факторов внешней среды.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 16-16-00114).

Литература

- Durrant A. The environmental induction of heritable change in *Linum*. / *Heredity*, 1962. – Vol. 17. – P. 27–61.
- Melnikova N. V., Kudryavtseva A. V., Zelenin A. V., Lakunina V. A., Yurkevich O. Y., Speranskaya A. S., Dmitriev A. A., Krinitsina A. A., Belenikin M. S., Uroshlev L. A., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Koroban N. V., Amosova A. V., Samatadze T. E., Guzenko E. V., Lemesh V. A., Savilova A. M., Rachinskaia O. A., Kishlyan N. V., Rozhmina T. A., Bolsheva N. L., Muravenko O. V. Retrotransposon-based molecular markers for analysis of genetic diversity within the Genus *Linum*. / *Biomed Res Int.* – 2014. – Vol. 2014. – P. 231589.
- Chen Y., Lowenfeld R., Cullis C. A. An environmentally induced adaptive (?) insertion event in flax. / *Int J Genet Mol Biol.* – 2009. – Vol. 1(3). – P. 38–47.
- Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Belenikin M. S., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Rachinskaia O. A., Lakunina V. A., Krasnov G. S., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Uroshlev L. A., Koroban N. V., Samatadze T. E., Amosova A. V., Zelenin A. V., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V. Excess fertilizer responsive miRNAs revealed in *Linum usitatissimum* L. / *Biochimie.* – 2015 – Vol. 109. – P. 36–41.
- Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Belenikin M. S., Koroban N. V., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Krasnov G. S., Lakunina V. A., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Kishlyan N. V., Rozhmina T. A., Klimina K. M., Amosova A. V., Zelenin A. V., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V. Identification, expression analysis, and target prediction of flax genotroph microRNAs under normal and nutrient stress conditions. / *Front Plant Sci.* – 2016. – 7:399.
- Kapitonov V. V., Jurka J. Harbinger transposons and an ancient HARB1 gene derived from a transposase. / *DNA Cell Biol.* – 2004. – Vol. 23(5). – P. 311–324.
- Banerjee A., Roychoudhury A. WRKY proteins: signaling and regulation of expression during abiotic stress responses. / *ScientificWorldJourn.* – 2015. – Vol. 2015. – P. 807560.
- Pauwels L., Goossens A. The JAZ proteins: a crucial interface in the jasmonate signaling cascade. / *Plant Cell.* – 2011. – Vol. 23(9). – P. 3089–3100.

УДК 577.218

Высокопроизводительные методы секвенирования для молекулярной оценки реакции генотипов льна на стрессовые факторы среды

High-throughput sequencing methods for molecular evaluation of response of flax genotypes to stressful environmental factors

Н. В. МЕЛЬНИКОВА¹,
А. В. КУДРЯВЦЕВА¹,
Н. Л. БОЛЬШЕВА¹,
А. С. СПЕРАНСКАЯ^{1,2},
А. А. КРИНИЦЫНА², Т. А. РОЖМИНА^{1,3},
Н. В. КИШЛЯН³, О. В. МУРАВЕНКО¹,
М. С. БЕЛЕНИКИН¹, А. А. ДМИТРИЕВ¹
¹ФГБНУ «Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта» РАН, г. Москва
e-mail: isinfo@eimb.ru
²МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва
e-mail: Alex_245@mail.ru
³ФГБНУ «ВНИИ льна», г. Торжок
e-mail: mnv-4529264@yandex.ru

N. V. MELNIKOVA¹,
A. V. KUDRYAVTSEVA¹,
N. L. BOLSHEVA¹,
A. S. SPERANSKAYA^{1,2},
A. A. KRINITSYNA², T. A. ROZHMINA^{1,3},
N. V. KISHLYAN³, O. V. MURAVENKO¹,
M. S. BELENIKIN¹, A. A. DMITRIEV¹
¹Engelhardt Institute of Molecular Biology, Russian Academy of Sciences Moscow
e-mail: isinfo@eimb.ru
²Department of Higher Plants, Lomonosov Moscow State University, Moscow
e-mail: Alex_245@mail.ru
³All-Russian Research Institute for Flax, Torzhok
e-mail: mnv-4529264@yandex.ru

С использованием методов высокопроизводительного секвенирования исследовано участие микроРНК в ответных реакциях растений льна на токсическое действие ионов алюминия. Выявлена дифференциальная экспрессия двух микроРНК, miR319 и miR390 сортов с различной устойчивостью к действию алюминия после воздействия раствора $AlCl_3$ в течение 4 и 24 часов.

Ключевые слова: высокопроизводительное секвенирование, лен, *Linum usitatissimum*, алюминий, микроРНК, экспрессия, стресс.

The participation of microRNA in response of flax plants to toxicity of aluminum ions is investigated with the use of high-throughput sequencing methods. Differential expression of two microRNAs, miR319 and miR390, for varieties with diverse resistance to aluminum effect after solution $AlCl_3$ effect within 4 hours and 24 hours is shown.

Key words: high-throughput sequencing, flax, *Linum usitatissimum*, aluminum, microRNA, expression, stress.

Введение

В последние десятилетия стремительно развиваются технологии молекулярно-генетических исследований, появляются новые эффективные методы анализа, которые находят применение в селекции сельскохозяйственных культур [1]. Высокопроизводительное секвенирование, или секвенирование нового поколения (NGS, Next Generation Sequencing), позволяет одновременно определять нуклеотидные последовательности сотен миллионов фрагментов ДНК и открывает новые возможности для изучения генов,

геномов и транскриптомов сельскохозяйственных растений [2]. Кроме того, высокопроизводительное секвенирование позволяет изучать некодирующие РНК, в частности микроРНК (миРНК). МикроРНК – это класс малых (20–24-нуклеотидных) некодирующих РНК, регулирующих экспрессию генов посредством взаимодействия с комплементарными целевыми матричными РНК (мРНК), с последующим подавлением трансляции или разрезанием мРНК [3]. Показана роль миРНК в ответе на различные биотические и абиотические стрессы у растений [4]. Фитотоксичность, обусловленная алюминием, является одним из наиболее серьезных препятствий для возделывания растений на кислых почвах, поэтому механизмы и гены, связанные с устойчивостью растений к алюминию, являются объектом исследования для многих культурных растений [5]. Лен культурный – ценная сельскохозяйственная культура, выращиваемая для получения семян и волокна. Исследования устойчивости растений льна к повышенной кислотности почвы показали, что токсичность алюминия является основным фактором, лимитирующим рост растений на кислых почвах [6], однако генетика устойчивости льна к действию ионов алюминия неизвестна. С использованием методов высокопроизводительного секвенирования нами проведена оценка изменения экспрессии микроРНК в растениях льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.) в ответ на стресс от высокой концентрации ионов алюминия в питательном растворе.

Материалы и методы

Растения льна сортов Лири, ТМР 1919 и линий Г1071/4_о, Г1071/4_к выращивали в горшках с перлитом диаметром 17 см при длине светового дня 16 часов в течение двух недель. Затем проводили полив части горшков дистиллированной водой (контроль), а части горшков – 3-миллимолярным раствором $AlCl_3$. Через 4 часа и 24 часа растения льна, политые раствором $AlCl_3$, а также растения, политые дистиллированной водой, извлекали из горшков, отрезали кор-

ни, замораживали их в жидком азоте и хранили при температуре -70°C . Тотальную РНК из корней льна выделяли наборами ZR RNA MicroPrep™ (Zymo Research Corporation, США). Концентрацию и качество выделенной РНК оценивали с использованием флуориметра Qubit 2.0 (Life Technologies, США) и биоанализатора Agilent 2100 (Agilent, США). Для подготовки кДНК-библиотек для высокопроизводительного секвенирования использовали РНК с показателем RIN (RNA integrity number) более 8. Пробоподготовка библиотек малых РНК для секвенирования проводилась с использованием набора TruSeq Small RNA Sample Prep Kit (Illumina, США). Секвенирование библиотек малых РНК выполнено с использованием секвенатора нового поколения Illumina Genome Analyzer IIx. Из полученных данных были отфильтрованы прочтения с низким качеством и последовательности адаптеров. Для идентификации консервативных миРНК отобранные прочтения выравнивали на известные последовательности миРНК базы данных miRBase (<http://www.mirbase.org>). Уровни экспрессии миРНК в различных образцах нормализовали относительно одного миллиона прочтений (рассчитывали величину RPM) [7].

Результаты и обсуждение

Подготовлены 12 библиотек малых РНК растений льна двух сортов и двух линий с различной устойчивостью к действию ионов алюминия. Для каждого сорта/линии подготовлены 3 библиотеки малых РНК: из растений, выращенных в контрольных условиях (К), после 4 часов воздействия раствора AlCl_3 (Al4) и после 24 часов воздействия раствора AlCl_3 (Al24). В результате секвенирования данных библиотек получено более 52 млн прочтений с высоким качеством. С использованием базы данных miRBase идентифицировано 109 консервативных миРНК из 26 семейств. После нормализации данных проведен анализ экспрессии миРНК различных семейств. Выявлено изменение экспрессии миРНК семейств miR319 и miR390 как у устойчивых к действию ионов алюминия генотипов (ТМР1919 и Г1071/4_к), так и у неустойчивых (Лира и Г1071/4_о). Экспрессия miR319 менялась сходным образом у устойчивых и неустойчивых генотипов: после 4 часов воздействия раствора AlCl_3 на растения льна экспрессия повышалась, а после 24 часов воздействия – значительно снижалась как по сравнению с Al4, так и с контролем (рис. 1). Для miR390 выявлены отличия в изменении экспрессии между устойчивыми и восприимчивыми к действию алюминия генотипами: у устойчивых генотипов (ТМР1919 и Г1071/4_к) наблюдалось повышение экспрессии после 4 часов действия ионов алюминия и снижение после 24 часов, а у неустойчивых генотипов (Лира и Г1071/4_о) показано снижение экспрессии после 4 часов воздействия раствора AlCl_3 и еще большее снижение экспрессии после 24 часов (рис. 2). При этом у устойчивых генотипов экспрессия miR390 после 24 часов воздействия алюминия близка к таковой в норме или несколько снижена, в то время как у неустойчивых генотипов она снижалась в 4 (Лира) и 8 (Г1071/4_о) раз.

Заключение

Токсичность ионов алюминия для растений льна существенно ограничивает производство продукции льняного во-

лока и семени на кислых почвах. Для селекции устойчивых к действию алюминия сортов необходимо понимание механизма ответа на этот стресс и выявление генов, определяющих устойчивость генотипа. Нами проведено высокопроизводительное секвенирование малых РНК растений льна, устойчивых и восприимчивых к воздействию ионов алюминия сортов и линий. Показана дифференциальная экспрессия miR319 и miR390, что предполагает вовлеченность данных микроРНК в ответ на исследованный абиотический стресс.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 16-16-00114).

Литература

1. Poland J. Breeding-assisted genomics. / *Curr Opin Plant Biol.* – 2015. – Vol. 24. – P. 119–124.
2. Varshney R. K., Nayak S. N., May G. D., Jackson S. A. Next-generation sequencing technologies and their implications for crop genetics and breeding. / *Trends Biotechnol.* 2009. – Vol. 27(9). – P. 522–530.
3. Voinnet O. Origin, biogenesis, and activity of plant microRNAs. / *Cell.* – 2009. – Vol. 136(4). – P. 669–687.
4. Jones-Rhoades M. W., Bartel D. P., Bartel B. MicroRNAs and their regulatory roles in plants. / *Annual Review of Plant Biology.* – 2006. – Vol. 57. – P. 19–53.
5. Kochian L. V., Pineros M. A., Liu J., Magalhaes J. V. Plant Adaptation to Acid Soils: The Molecular Basis for Crop Aluminum Resistance. / *Annu Rev Plant Biol.* – 2015. – Vol. 66. – P. 571–598.
6. Кишляк Н. В., Рожмина Т. А. Оценка генофонда льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) по кислотостойкости. / *Сельскохозяйственная биология*, 2010. – Т. 1. – С. 96–103.
7. Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Belenikin M. S., Speranskaya A. S., Krinitina A. A., Rachinskaya O. A., Lakunina V. A., Krasnov G. S., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Uroshlev L. A., Koroban N. V., Samatadze T. E., Amosova A. V., Zelenin A. V., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V. Excess fertilizer responsive miRNAs revealed in *Linum usitatissimum* L. / *Biochimie*, 2015. – Vol. 109. – P. 36–41.
8. Mendoza-Soto A. B., Sanchez F., Hernandez G. MicroRNAs as regulators in plant metal toxicity response. / *Front Plant Sci.* – 2012. – 3:105.
9. Marin E., Jouannet V., Herz A., Lokerse A. S., Weijers D., Vaucheret H., Nussaume L., Crespi M. D., Maizel A. miR390, Arabidopsis TAS3 tasiRNAs, and their AUXIN RESPONSE FACTOR targets define an autoregulatory network quantitatively regulating lateral root growth. / *Plant Cell.* – 2010. – Vol. 22(4). – P. 1104–1117.
10. He H., He L., Gu M. Role of microRNAs in aluminum stress in plants. / *Plant Cell Rep.* – 2014. – Vol. 33(6). – P. 831–836.

УДК 632.952

Скрининг фунгицидных протравителей для защиты льна от антракноза

Screening of fungicide protectants for the protection of flax from anthracnose

**С. Н. МАСЛЕННИКОВА,
С. Д. КАРАКОТОВ,
Е. В. ЖЕЛТОВА, К. Н. БОЖКО**
АО «Щелково Агрохим»,
г. Щелково
e-mail: maslennikova@betaren.ru

**S. N. MASLENNIKOVA,
S. D. KARAKOTOV,
E. V. ZHELTOVA, K. N. BOZHKO**
АО «Shchelkovo Agrochim»,
Shchelkovo
e-mail: maslennikova@betaren.ru

В статье проанализировано фунгицидное действие химических протравителей против двух возбудителей антракноза льна. Результаты анализа выявили перспективные препараты, которые можно рекомендовать к использованию для защиты льна.

Ключевые слова: антракноз, лен, фунгицидный протравитель, фунгицидное действие.

The fungicidal activity of chemical protectants against two agents of anthracnose is analyzed in the article. Thanks to results of the analysis are found out the promising preparations, which can be recommended for use to protect flax.

Key words: anthracnose, flax, fungicide protectants, fungicidal activity.

Антракноз льна относится к одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний. Возбудителем является несовершенный гриб *Colletotrichum lini*, который поражает как лен-долгунец, так и лен масличный во все периоды роста и развития растений. Особенно заболевание опасно в фазу всходов: при сильном развитии растения полегают и гибнут, вызывая изреживание до 80% [1]. Поскольку известно, что основным источником инфекции являются семена, наиболее эффективным и экономически выгодным способом защиты льна от антракноза является протравливание семян. В связи с этим целью данной работы явился сравнительный анализ и подбор эффективных протравителей.

Для изучения были отобраны следующие препараты: Тебу 60, МЭ, Винцит, КС (зарегистрированные препараты на льне, эталоны); Бенефис, МЭ, Поларис, МЭ, Скарлет, МЭ, Туарег, СМЭ (незарегистрированные).

В качестве тест-объекта в работе использовали 2 штамма-возбудителя антракноза:

Штамм *Colletotrichum lini* № 707: средневирулентный штамм; выделен из семян льна-долгунца, сорт А-29 (Торжокский район Тверской области, колхоз «Победа», 17 февраля 2014 года);

Штамм *Colletotrichum lini* № 726: сильновирулентный штамм; выделен из вегетирующих растений льна-долгунца, сорт Синичка (Торжокский район Тверской области, 11 марта 2015 года).

Анализ фунгицидной активности препаратов проводили методом аппликации агарового блока с растущим мицелием гриба на пластинку питательной среды с введенным рабочим раствором препарата [2]. Количество вводимого раствора в среду определяли следующим образом: под-

считывали площадь поверхности одной тонны семян льна, моделью которой выступала площадь поверхности чашки Петри, и по пропорции пересчитывали нормы расхода рабочей жидкости на одну чашку. Посевы культивировали 12 суток в термостате при температуре 25°C. После чего регистрировали наличие или отсутствие зон разрастания мицелия вокруг блоков и сравнивали с контрольным вариантом. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица

Результаты анализа фунгицидной активности препаратов

Вариант	Норма расхода препарата, л/т	Подавление роста гриба, %		Средний процент эффективности протравителя, %
		<i>C. lini</i> 707	<i>C. lini</i> 726	
Бенефис, МЭ	0,8	89,9	92,0	90,9
Винцит, КС	2,0	83,6	80,9	82,2
Поларис, МЭ	1,5	94,8	100	97,4
Скарлет, МЭ	0,4	94,2	89,8	92,0
Тебу-60, МЭ	0,5	83,4	83,6	83,5
Туарег, СМЭ	1,4	90,3	100	95,1

Результаты анализа показали, что все исследуемые препараты обладают высокой фунгицидной активностью в условиях *in vitro* против двух исследуемых штаммов возбудителя антракноза как слабовирулентного, так и сильновирулентного. Однако эффективность незарегистрированных на льне протравителей была выше, чем эталонных. Наилучшим фунгицидным действием в данном опыте обладал протравитель Поларис (средний процент подавления роста фитопатогенного гриба составил 97,4%). Несколько меньшую эффективность имели протравители Туарег и Скарлет (95,1% и 92% соответственно).

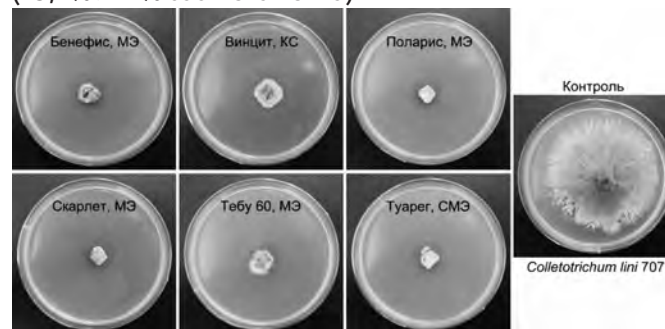


Рис. 1. Сравнение фунгицидной активности протравителей против средневирулентного штамма возбудителя антракноза *C. lini* 707.

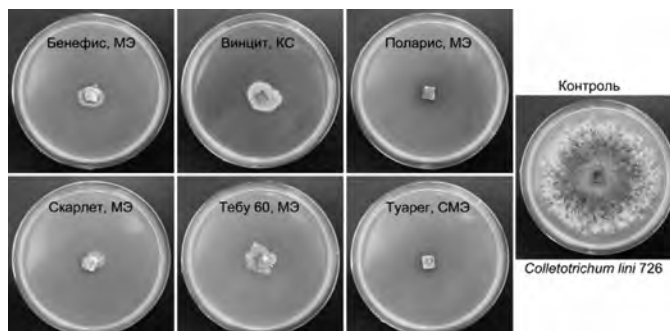


Рис. 2. Сравнение фунгицидной активности протравителей против сильновирulentного штамма возбудителя антракноза *C. lini* 726.

Необходимо также отметить, что добавление других действующих веществ к тебуконазолу значительно увеличивает фунгицидное действие препаратов против возбудителей антракноза. Так, эффективность препаратов Бенефис, Поларис, Скарлет и Туарег, имеющих в составе дополнительно к тебуконазолу и другие действующие вещества,

в данном опыте была выше, чем однокомпонентный протравитель Тебу 60.

В настоящее время во всех льносеющих регионах наблюдается тенденция расширения посевов льна. Для его успешного производства необходимо использование новейших высокоэффективных протравителей семян, обеспечивающих максимальную защиту льна-долгунца и льна масличного. Как показало исследование, такими перспективными препаратами нового поколения являются продукты АО «Щелково Агрохим». Таким образом, фунгицидные протравители Бенефис, МЭ, Поларис, МЭ, Скарлет, МЭ, Туарег, СМЭ можно рекомендовать к использованию для защиты льна против антракноза.

Литература

1. Пересыпкин В. Ф. Атлас болезней полевых культур. – 2-е изд., испр. и доп. – Киев: Урожай, 1987. – 144 с.
2. Гольшин Н. М. Фунгициды с сельском хозяйстве / Гольшин Н. М. – М.: Колос, 1970. – 184 с.

УДК 632.9.004.68

Инкрустирование семян – важнейший фактор получения гарантированного урожая льна масличного

Seed encrustment – the most important factor for the warranted harvest of oil flax

Н. А. КУДРЯВЦЕВ, Л. А. ЗАЙЦЕВА,
Л. М. ЗАХАРОВА, В. Н. ЛАЗАРЕВ,
Е. В. КОВАЛЕНКО
ФГБНУ «ВНИИ льна», г. Торжок
e-mail: vniil@mail.ru

N. A. KUDRYAVTSEV,
L. A. ZAYTSEVA, L. M. ZAKHAROVA,
V. N. LAZAREV, E. V. KOVALENKO
Federal State Budgetary Scientific
Institution «All Russian Research
Institute of Flax», Torzhok
e-mail: vniil@mail.ru

Рассмотрены роль инкрустирования семян в защите льна от болезней и вредителей, технология применения защитных и ростстимулирующих средств, наиболее частые ошибки при проведении обеззараживания семян.

Ключевые слова: лен, пестициды, инкрустирование семян, эффективность, сохранение урожая.

The article describes the role of seed encrustment for the protection from diseases and pests of flax, application technology of protective and growth-promoting agents, the most frequent mistakes during seed disinfection.

Key words: Flax, pesticides, seed encrustment, efficiency, protection of harvest.

В технологии производства льна для получения продукции пищевого и лечебно-профилактического назначения важно, с одной стороны, эффективно защитить культурные растения от болезней и вредителей, а с другой – не допустить избыточного применения пестицидов с риском получения их опасного содержания в продукции. Важнейший фактор обеспечения этих условий и получения гарантированного урожая льна масличного – инкрустирование семян (нанесение на них пленкообразующих составов). Оно позволяет рационально создать требуемые заданной технологией возделывания культуры начальные фитосанитарные и агрохимические параметры.

Семена льна могут быть инфицированы возбудителями многих болезней и являются причиной заражения ими растений и их распространения, поэтому необходимо их предпосевное обеззараживание [1, 2]. Протравливание семян в экологическом отношении менее опасно, чем опрыскивание

ние культуры по вегетации равными по токсичности средствами.

Во ВНИИ льна при изучении эффективности новых фунгицидных протравителей использовали семена льна-долгунца, различающиеся по степени инфицированности и относящиеся по этому показателю к разным классам стандарта. Обеззараживание существенно снизило общую зараженность семян патогенами и положительно влияло на их лабораторную и полевую всхожесть.

Выбор того или иного протравителя осуществляют на основе фитоэкспертизы семенного материала. Семена, зараженные грибными болезнями более чем на 20 %, целесообразно обеззараживать системными фунгицидами, содержащими, например, тебуконазол (Раксил, Бункер, Доспех, Тебу 60 и др.), композиции тиабендазола с флутриафолом (Винцит, Витацит, Тиазол и др.). При зараженности менее 20 % бывает достаточным использование одного тирама (ТМТД).

Для обработки семян могут применяться биологические препараты (Витаплан, Альбит), регуляторы роста и защитно-стимулирующие составы (Энергия-М, Артафит, Экост 1/3 /табл.), которые одновременно повышают устойчивость растений к болезням и другим стрессам и усиливают ростовые и формообразовательные процессы. Их применение особенно целесообразно при заражении семян льна бактериальной инфекцией.

В случае высокой угрозы размножения насекомых – вредителей всходов льна в рабочий раствор для обработки семян добавляют инсектицидный протравитель Табу, вск (имидаклоприд, 500 г/л) в норме применения 0,8–1 л/т или Иמידор Про, кс (имидаклоприд, 200 г/л) – 2–2,5 л/т.

Таблица

Ассортимент регуляторов роста и биопрепаратов, применяемых для инкрустирования семян льна

Состав	Торговое название, препаративная форма	Норма расхода препарата (л/т, кг/т)
Полидиаллил-диметиламмоний галогенид	АРТАФИТ, ВРК	0,075-0,3
Ортокрезоксиуксусная кислота + хлорметилсилатран	ЭНЕРГИЯ-М, КРП	0,015
<i>Bacillus subtilis</i>	ВИТАПЛАН, СП	0,020
Поли-бета-гидроксимасляная кислота + магний серноокислый + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбамид	АЛЬБИТ, ТПС	0,05-0,07
Гидрофобный диоксид кремния + сульфат меди + сульфат цинка + сульфат марганца + борная кислота	ЭКОСТ 1/3, П	0,4

Во ВНИИ льна часто обращаются практики-льноводы за консультациями по предпосевной обработке семян. Вместе с ними мы анализируем многочисленные случаи неудачного применения пестицидов и агрохимикатов при протравливании семян. Вот некоторые из наиболее распространенных. Например, снижение всхожести семян из-за значительного превышения норм расхода протравителя бывает при использовании препаратов на основе тебуконазола, например Раксила. Этот препарат выпускают сейчас в виде концентрата суспензии с содержанием д.в. 60 г/л (а Раксил Ультра – 120 г/л), а раньше выпускался в виде смачивающегося порошка с содержанием д. в. 20 г/кг. Естественно,

норма расхода у них разная. Но это учитывается не всегда. Имели место случаи превышения рекомендованной нормы расхода тебуконазола (около 30 г/т) в 3 и даже в 6 раз. Всхожесть семян из-за этого может сильно снизиться, и при нормальном высеве будет получен заметно ослабленный стеблестой.

Перспективный подход для комплексной защиты льна от неблагоприятных воздействий биогенной и абиогенной природы – создание композиций на основе фунгицидов, регуляторов роста, микроэлементов, аминокислот и других компонентов, называемых защитно-стимулирующими составами.

Предпосевная обработка семян микроэлементами – эффективный и экономичный способ использования микроудобрений.

Наиболее популярна и эффективна предпосевная обработка семенного материала комплексами железа, меди, кобальта, бора, цинка, молибдена и др. Эти элементы достаточно технологичны, не токсичны, не пожароопасны.

Способы обработок семян различны.

Более равномерный высеv и получение дружных всходов обеспечивает инкрустирование семян (нанесение на них смеси фунгицида, инсектицида, различных микро- и макроудобрений, стимуляторов роста, нейтральных красителей, клеящих веществ).

В качестве пленкообразователя могут использоваться 2% раствор натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) или 5% водный раствор поливинилового спирта (ПВС). Расход пленкообразователя составляет 1–2,5% от массы семян [3]. Полимерная пленка свободно пропускает воду, но плотно удерживает химикаты на поверхности семян. В этом случае используемые для протравливания препараты хорошо удерживаются на поверхности семени, обеспечивается их максимальная активность, устойчивость семян к пониженным температурам почвы, увеличивается всхожесть и урожайность культуры. Чем прочнее смесь удерживается на семени, тем полнее проявляются ее защитные свойства. Этот способ протравливания применяют с успехом как на семзаводах, так и в хозяйствах.

При обработке только фунгицидными препаратами следует иметь в виду, что жидкие протравители в виде концентратов суспензий (кс), в частности, Раксил и другие тебуконазолсодержащие препараты, хотя и не имеют в своем составе пленкообразующих веществ, прочно удерживаются на семенах и имеют хорошие показатели эффективности и экологичности.

Исключительно положительные свойства для инкрустирования семян льна показал полимерный биологически активный препарат Артафит, врк. Кроме замечательной способности прикрепляться к семенам, на масличном и прядильном льне он показал уникально высокую ростстимулирующую, антистрессовую, фунгицидную и бактерицидную эффективность. Являясь экзогенным индуктором устойчивости растений к болезням, Артафит в установленных нормах применения активизировал прорастание семян, улучшал показатели их энергии прорастания, всхожести и зараженности болезнями. Фунги- и бактериопротекторное действие Артафита обусловлено изменением электрохимических свойств мембран фитопатогенов, что приводит к нарушениям их обмена веществ.

Перед инкрустированием посевной материал должен быть доведен до посевных кондиций (очищен, откалиброван, проверен на всхожесть и т. д.).

Семена льна инкрустируют на оборудовании типа ПСШ-5, ПС-5, ПС-10А, «Мобитокс-супер» и др.

Оптимальная температура пленкообразующей суспензии +20 °С. При ее снижении качество обработки семян ухудшается.

Для подсушивания семян после обработки применяют подогреватели воздуха (калориферы), устанавливая их на пути движения обработанного материала. Подсушить можно и без подогрева воздуха с помощью оперативных бункеров, где влага из полимерной пленки удаляется в процессе свободного падения семян, или увеличив путь перемещения обработанных семян на ленточных транспортерах [4].

Чтобы не нарушить заданную норму высева из-за возможного образования комков склеившихся семян при затвердевании на них полимерной пленки, посевной материал целесообразно пропустить через решетку семяочистительной машины на выходе из оперативного бункера или перед посевом при засыпке сеялки, устанавливая решетку на семенной ящик или внутри него над высевающими аппаратами.

Литература

1. Труш М. М. и др. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания льна-долгунца. – М.: Агропромиздат, 1986 – 72 с.
2. Карпунин Ф. М. и др. Система защиты льна-долгунца от болезней, вредителей и сорняков при интенсивной технологии возделывания (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1988. – 64 с.
3. Кудрявцев Н. А. Инкрустирование семян льна-долгунца. Рекомендации. – М.: МСХиП РФ, 1991. – 6 с.
4. Кудрявцев Н. А., Зайцева Л. А. Эффективные средства защиты льна и технологии их применения при протравливании семян. Методические рекомендации. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. – 12 с.

УДК 633.854.54: 581.19

Научный подход к переработке семян льна на основе использования их фитохимического потенциала с целью создания новых пищевых продуктов с заданными свойствами

the scientific approach to flax seeds processing based on the use of their phytochemical potential for creating of new food products with desired properties

Е. П. МЕЛЕШКИНА
ФГБНУ «ВНИИ зерна»,
г. Москва
e-mail: mep5@mail.ru

E. P. MELESHKINA
Federal state budgetary scientific
institution «All Russian research
Institute for grain and products
of its processing», Moscow
e-mail: mep5@mail.ru

Ученые ФГБНУ «ВНИИЗ» в своих исследованиях в сфере развития мукомольного процесса руководствуются концепцией максимального использования фитохимического потенциала перерабатываемого сырья. В рамках концепции предусматривается создание таких технологий помола семян льна пищевого и масличного назначения, которые позволяли бы разделять зерновку на отдельные анатомические части в зависимости от их функциональных свойств и получать новые продукты переработки зерна, способствующие укреплению и поддержанию здоровья человека. Получены первые результаты создания различных видов льняной муки, содержащих определенные вещества, в том числе функционального назначения.

Ключевые слова: пищевой и масличный лен, анатомические части семени, фитохимический потенциал, глубокая переработка, новые продукты.

The Scientists of Federal State Budgetary Scientific Institution «All Russian Research Institute for Grain and Products of its Processing» in their research in the field of development of milling process are guided by the concept of maximal use in phytochemical potential of processing raw material. The creation of such technologies of flax seeds grind for food and oil purpose, which would allow to share caryopsis into individual anatomical parts, depending on their functional properties and to obtain new grain processing products, which promote and maintain health, is provided within the concept. The initial results of creation of different types of flax flour, which contain certain substances, including substances of functional purpose are obtained.

Key words: food and oil flax, anatomical parts of seed, phytochemical potential, deep processing, new products.

В настоящее время обеспечение здорового питания населения – это одно из главных направлений развития перерабатывающей отрасли. Отсюда необходимость выявления новых источников биологически ценных пищевых продуктов. Настало время, когда очень нужно возрождение российского льна как сырья не только для легкой промышленности, но и пищевой, не только масложировой, но и для широкого использования в хлебобулочной, молочной, крупяной, кондитерской и др. отраслях [1–6].

На протяжении XX столетия перед советским мукомольным производством стояла задача выделения из зерна как можно больше эндосперма, как можно лучше отделив его от оболочек и других частей зерновки. Данная операция позволяла получать муку белоснежную прекрасного качества, из которой получались пышные батоны, однако при этом мука была крайне обеднена макро- и микроэлементами.

В настоящее время ученые ФГБНУ «ВНИИЗ» в развитии мукомольного процесса руководствуются концепцией максимального использования фитохимического потенциала перерабатываемого сырья. В рамках концепции предусматривается создание таких технологий помола зерновых и крупяных культур, которые позволяли бы разделять зерновку на отдельные анатомические части в зависимости от их функциональных свойств и получать новые продукты переработки зерна, способствующие укреплению и поддержанию здоровья человека. Для этого разработка технологии переработки зерна начинается с глубокого изучения его строения с позиции полезности и функциональности отдельных анатомических частей. Такой подход позволяет конструировать мучные продукты или биологически активные добавки с заданными свойствами для дальнейшей их переработки или непосредственного употребления в пищу.

Именно такая «новая старая» культура, как лен, представляет в этом отношении большой интерес для создания технологии переработки семян льна, объединяющей два направления: первое – разделение на отдельные анатомические части в зависимости от их целевого использования и второе (при решении задач первого направления) – создание фракций различного биохимического состава по фитохимическому потенциалу.

В соответствии с концепцией нами изучено распределение необычайно полезных веществ в семени льна по его анатомическим частям (рис. 1).



Рис. 1. Биохимический состав и функциональные свойства семян льна.

Первое: семенные оболочки. Известно, что противораковый эффект льняного семени заключается в содержащихся в нем лигнанах. Самый богатый растительный источник SDG-лигнанах – это пищевые волокна, сосредоточенные в оболочке семени льна. Помимо лигнанах, противораковое действие имеют и растворимые пищевые волокна. Растворимые и нерастворимые пищевые волокна (РПВ и НПВ) также находятся в семенной оболочке семени.

Второе: эндосперм семени льна. Необычайно ценен, поскольку в нем сосредоточен белок, который обладает практически такой же высокой биологической активностью, как и белок бобов сои. Но при этом льняные семена превосходят бобы сои по количеству масла почти в 2 раза, и масло это содержит полиненасыщенные кислоты Омега-3, которые называют эликсиром молодости.

Третье: зародыш семени льна. Учеными разных стран установлено, что наиболее высоким содержанием липидов (масла) характеризуется зародыш – почти до 60% и эндосперм семени льна – до 40%. В остальных анатомических частях льна Омега-3 отсутствует.

И, наконец, витамины и минеральные вещества содержатся в семенной оболочке, зародыше и эндосперме семян льна.

Таким образом, учеными разных стран установлено распределение ценных веществ по семени льна, в результате чего мы можем констатировать, что:

- наиболее высоким содержанием липидов характеризуются зародыш и эндосперм семени льна – до 60 и 40% соответственно;
- пищевые волокна находятся в оболочке семени;
- витамины и минеральные вещества содержатся в семенной оболочке, зародыше и эндосперме семян льна;
- белок сосредоточен в основном в эндосперме семени (рис. 2).

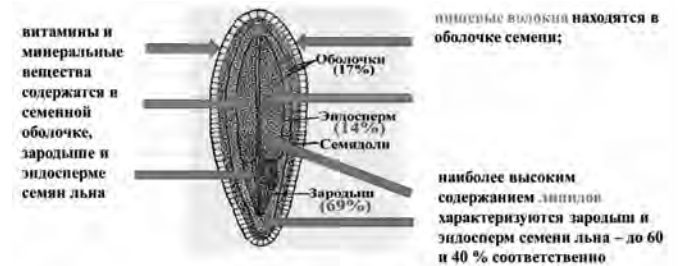


Рис. 2. Распределение веществ по семени льна.

Перед мукомолами стоит задача разделения семени льна на семенные оболочки, зародыш и эндосперм как источники веществ для профилактики онкологических, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, почечных заболеваний, сахарного диабета, артрита и укрепления иммунной системы. Однако при переработке семени льна возникает много новых задач и проблем, следующих из особенностей его строения по сравнению с зерновкой пшеницы (рис. 3). Если у пшеничного зерна эндосперм большой и занимает всю центральную часть зерновки и задача мукомола – снять с зерновки оболочки и получить эндосперм, который и подлежит помолу в муку, то у льна эндосперм довольно-таки мал, а основную и центральную часть зерновки занимают зародыш и семядоли.



Рис. 3. Соотношение анатомических частей семени льна и зерновки пшеницы.

ФГБНУ «ВНИИЗ» разработал инновационную научно обоснованную технологию глубокой переработки пищевого льна. Технология включает в себя три направления переработки семян пищевого льна.

Первое направление предусматривает предварительный механический отжим масла на прессе с остаточным содержанием жира в полученном жмыхе до 20%. Основное измельчение шелушенного льна осуществляют на машинах ударного действия (молотковая дробилка, энтолейтор, дещер, дезинтегратор, дисмембратор) с одно- или многократным пропуском. Количество пропусков определяется номенклатурой продукции. Измельченный продукт рассеивается с получением фракций льняной муки различного дисперсного состава и содержания жира, белков и пищевых волокон. Это позволяет использовать полученные фракции как компоненты продуктов функционального назначения.

Льняная мука обезжиренная из льняного жмыха отличается высоким содержанием белка с хорошо сбалансированным аминокислотным составом, пищевыми волокнами, невысоким содержанием жира (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав жмыха и продуктов его переработки

Продукт	Химический состав				
	Влажность, %	Жир, %	Белок, %	Клетчатка, %	Крахмал, %
Исходный льняной жмых	4,84	11,97	34,04	8,24	8,15
Мука мелкая	4,78	14,29	37,83	6,75	7,34
Мука средняя-1	4,80	11,03	37,94	9,63	8,20
Мука средняя-2	4,82	10,19	38,29	8,77	7,90
Мука крупная	4,64	9,85	38,18	8,31	8,20

Анализ данных таблицы 1 показывает, что получаемые продукты характеризуются высоким содержанием белка – примерно 38%, что позволяет их позиционировать как высокобелковый продукт для обогащения мучных смесей различного состава при производстве широкого ассортимента хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, в том числе и изделий функционального назначения. При этом происходит обогащение продукта не только белком, но и клетчаткой, ПНЖК содержащимися в льняном жире, минеральными веществами и витаминами. В то же время небольшое количество крахмала (около 8%) и жиров (до 15%) не способствует увеличению калорийности продукта.

Дополнительно был изучен фракционный состав простых белков льняного жмыха и продуктов его переработки представлен в таблице 2. Анализ данных таблицы показывает, что во всех образцах обезжиренной муки из льняного жмыха зависимо от типоразмеров преобладает альбумино-глобулиновая фракция, проламины практически отсутствуют, количество глютелинов в 2–4 раза меньше по сравнению с водо- и солерастворимыми белками.

Таблица 2

Фракционный состав простых белков жмыха льна и продуктов его переработки

Продукт	Фракционный состав простых белков, % от общего количества:			
	альбумины	глобулины	проламины	глютелины
Исходный льняной жмых	24,8	33,6	0,8	20,0
Мука мелкая	31,2	33,6	0,8	17,6
Мука средняя-1	30,6	42,0	0,8	20,0
Мука средняя-2	28,0	36,6	0,8	22,4
Мука крупная	24,0	36,4	0,8	15,2

Второе направление предусматривает использование семян пищевого льна как сырья для производства пищевых хлопьев. В этом случае технология предусматривает высококачественную очистку, ГТО с последующим плющением, подсушиванием и отделением муки. Производство хлопьев возможно в смеси семян льна с семенами других культур.

Третье направление предусматривает получение нативной льняной муки и крупки из семян пищевого льна. Технология предусматривает предварительную очистку пищевого льна от примесей, шелушение семян с отделением оболочек до 5% с последующим измельчением в машинах ударного действия (молотковая дробилка) и сортированием продукта размола на ситах различной крупности. В результате получают три фракции муки и одна фракция крупки, характеризующиеся различным химическим составом (содержание белка, жира, пищевых волокон). Получаемые отходы при очистке пищевого льна используют как кормовой продукт. Отруби и продукты шелушения могут быть использованы как кормовой продукт и для последующей глубокой переработки с получением пищевых волокон, модифицированных белковых препаратов и т. д. Полученные сорта льняной нативной муки различаются по химическому составу и представлены в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав нативной льняной муки и крупки из семян пищевого льна

Продукт	Химический состав				
	Влажность, %	Жир, %	Белок, %	Клетчатка, %	Крахмал, %
Исходные семена льна	5,68	37,33	24,42	15,06	5,1
Мука мелкая	5,56	44,60	25,26	4,75	4,8
Мука средняя-1	5,20	42,93	25,63	12,34	4,2
Мука средняя-2	5,60	38,03	24,20	23,84	3,7
Мука крупная	5,45	27,83	22,10	23,90	5,0

Анализ данных таблицы показывает, что мука тонкая и мука средней крупности характеризуется высоким содержанием жира (44,60–42,93%) и наименьшим количеством клетчатки (4,75–12,34%). Крупная мука и крупка, наоборот, отличается наименьшим содержанием жира и белка, и максимальным количеством клетчатки. Содержание крахмала невысокое и варьируется от 3,7 до 5,0%. Таким образом, различные типы муки могут быть использованы в рецептурах целого ряда хлебобулочных и кондитерских изделий на основании различий не только в их дисперсности, но и химического состава.

Фракционный состав простых белков семян пищевого льна и продуктов его переработки представлен в таблице 4. Анализ данных таблицы 4 показывает, что в семенах льна и продуктов его переработки значительно преобладает альбумино-глобулиновая фракция, проламины практически отсутствуют, количество глютелинов в 2–5 раз меньше, чем альбуминов и глобулинов. Полученные данные косвенно свидетельствуют о том, что белки льна и продуктов его переработки должны хорошо усваиваться организмом человека, поскольку именно альбумины и глобулины активно гидролизуются под действием протеолитических ферментов ЖКТ (пепсин, трипсин, химоотрипсин и др.).

Проведенные исследования показали возможность использования пищевого льна для производства компонентов продуктов питания с высокими биологическими и потребительскими свойствами. Вместе с тем требует дополнительных исследований состав примесей и технология их извлечения при переработке пищевого льна. Кроме того, необхо-

димо исследовать фракционирование семян пищевого льна по крупности и цвету с целью получения различных фракций пищевого льна и продуктов его переработки с различным химическим составом.

Таблица 4

Фракционный состав простых белков семян льна и продуктов его переработки

Продукт	Фракционный состав простых белков, % от общего количества:			
	альбумины	глобулины	проламины	глютелины
Исходные семена льна	32,0	45,0	0,6	9,0
Мука мелкая	30,0	36,0	0,6	9,0
Мука средняя-1	32,0	37,6	0,6	15,2
Мука средняя-2	28,0	32,4	0,6	14,4
Мука крупная	29,2	28,5	0,8	15,2

Литература

1. Киреева М. С. Перспективное использование семян льна в специализированном питании / М. С. Киреева, В. Ю. Маркина, М. И. Меркулова, Э. Э. Эгги, Е. А. Пороховинова, В. Н. Красильников // *Материалы международного научно-практического семинара «Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека»*. – Тверь, 2012. – С. 181–185.

2. Кулешова Н. И. Использование цельного семени льна в производстве инновационного продукта с заданными свойствами и его товароведная характеристика / Н. И. Кулешова, В. М. Позняковский // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, № 6 – Орел: Изд-во Государственного университетского научно-учебного комплекса, 2011. – С. 57–60.

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

4. Миневиц И. Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Миневиц Ирина Эдуардовна. – М., 2009. – 27 с.

5. Смирнова Е. А. Проблемно-ориентированный персонализированный подход к разработке новых продуктов / Е. А. Смирнова, В. А. Саркисян, А. А. Кочеткова // *Научно-производственный журнал «Пищевая промышленность»*. – М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 2013. – № 9. – С. 8–12.

6. Mazza G. *Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects* / Technomic Publishing Company, Inc., 1998. – p. 459.

УДК: 633.854.54:664.7

Использование льняной муки в производстве кулинарных изделий специализированного назначения

Use of flax flour in the production of ready-to-serve foods for specialized purpose

Н. В. БАРСУКОВА, О. Ю. ТЫРЛОВА

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург
e-mail: nvb911@rambler.ru*

N. V. BARSUKOVA, O. Y. TYRLOVA

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg
e-mail: nvb911@rambler.ru*

В статье представлены результаты исследования физико-химических и биохимических свойств льняной полуобезжиренной муки отечественных производителей. Показаны перспективы ее использования в производстве мучных изделий специализированного назначения. Проведена оценка качества теста и готовых изделий на основе льняной муки. Описан технологический процесс индустриального производства замороженных полуфабрикатов вареников из льняной муки.

Ключевые слова: *полуобезжиренная льняная мука, пресное тесто, безглютеновые вареники.*

This article presents results of the research of physical-chemical, and biological properties of low-fat flax flour of domestic producers. Perspectives of use in the production of flour products for specialized purpose are shown. Quality evaluation of flax flour based dough and finished products is carried out. Technological process of industrial production of cook-chill food of dumplings from flax flour is described.

Key words: *low-fat flax flour, unfermented dough, gluten-free dumplings.*

Лен – сельскохозяйственная культура, которая традиционно выращивается на территории Российской Федерации. В последние годы растет интерес к использованию семян льна в качестве функционального ингредиента в рецептурах

разнообразных пищевых продуктов. Один из наиболее распространенных продуктов, вырабатываемых из льна, – полуобезжиренная мука [1]. Она является безглютеновым продуктом и поэтому перспективна для использования в составе мучных изделий для больных целиакией [2].

Целиакия – иммуно-обусловленная энтеропатия, возникающая при потреблении проламинов пшеницы, ржи, ячменя, овса. Единственным терапевтическим средством для лиц, страдающих целиакией, является пожизненное соблюдение безглютеновой диеты.

Целью работы являлось создание группы специализированных кулинарных изделий лечебно-профилактического назначения на основе льняной муки – вареников и пельменей. Традиционно они пользуются популярностью среди потребителей [3], но поскольку изготавливаются из пшеничной муки, то являются непереносимыми для больных целиакией.

Для обоснования использования льняной муки в производстве мучных изделий необходимо решение следующих задач:

- изучение физико-химических и биохимических показателей льняной муки;
- подбор безглютеновых компонентов для создания мучной смеси с учетом их структурообразующих свойств и пищевой ценности;
- изучение влияния компонентов безглютеновой мучной смеси на качество теста и готовых изделий;
- разработка рецептур и технологии безглютеновых мучных кулинарных изделий;
- разработка нормативной документации на замороженные безглютеновые полуфабрикаты из льняной муки.

В качестве объектов исследования были выбраны:

- два образца льняной полуобезжиренной муки отечественного производства:
 - образец 1: изготовитель ООО «НПО Алтайский лен», Алтайский край, г. Барнаул,
 - образец 2: изготовитель ООО «Научно-производственное объединение “Компас Здоровья”», г. Новосибирск;
- густое пресное тесто на основе льняной муки;
- вареники из теста на основе льняной муки.

Результаты исследований физико-химических показателей образцов льняной муки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические характеристики льняной муки

Показатель	Образец 1 г. Барнаул	Образец 2 г. Новосибирск
Влажность, %	7,96 ± 0,03	7,13 ± 0,02
Сырой протеин, % на сухое вещество	32,50 ± 0,1	35,88 ± 0,2
Сырая клетчатка, % на сухое вещество	11,50 ± 0,20	9,97 ± 0,18
Сырой жир, % на сухое вещество	14,90 ± 0,15	8,11 ± 0,2
Водорастворимые углеводы после инверсии (моно- и олигосахара), % на сухое вещество	4,30 ± 0,20	5,27 ± 0,16
Суммарные растворимые полисахариды, % на сухое вещество	30,1 ± 1,1	35,4 ± 1,2
Сырая зола, % на сухое вещество	6,60 ± 0,03	5,31 ± 0,04

Для исследованных образцов муки характерно высокое содержание сырого протеина (32,5 и 35,88), поэтому полуобезжиренная льняная мука может быть использована в рецептурах мучных изделий в качестве белкового обогатителя. Высокое содержание сырой клетчатки и растворимых полисахаридов определяет технологические свойства льня-

ной муки, такие как водо- и жирудерживающая способность, реологические свойства водных дисперсий [1].

Исследования фракционного состава белков льняной муки (табл. 2) показали, что она отличается высоким содержанием наиболее ценных водорастворимых белков – альбуминов (45,3% и 32,83%) и практически не содержит спирторастворимой фракции (1,1% и 0,50%), что подтвердило целесообразность ее применения для питания людей, страдающих целиакией.

Таблица 2

Фракционный состав белков льняной муки

Показатель	Образец 1 г. Барнаул	Образец 2 г. Новосибирск
Водорастворимые (альбумины)	45,30 ± 0,01	32,83 ± 0,02
Солерастворимые (глобулины)	15,20 ± 0,04	20,35 ± 0,05
Спирторастворимые (проламины)	1,10 ± 0,04	0,50 ± 0,02
Щелочерастворимые (глютелины)	11,60 ± 0,01	28,96 ± 0,03
Нерастворимый остаток	26,8 ± 0,01	17,36 ± 0,02

Создание мучных изделий на основе льняной муки – сложный с технологической точки зрения процесс. Структура традиционного теста из пшеничной муки формируется благодаря клейковинным белкам (проламинам) и крахмалу, которые отсутствуют в льняной муке. Однако льняная мука содержит пентозаны, которые обладают высокой водоудерживающей способностью и текстурообразующей способностью.

На основании проведенных предварительных исследований пришли к заключению, что сформировать тесто из одной только льняной муки не представляется возможным. Поэтому требуется создание безглютеновых мучных смесей на основе сырья, обладающего структурообразующими свойствами.

В ряде работ, посвященных конструированию безглютеновых мучных изделий, обоснован выбор гидроколлоидов для безглютеновой мучной смеси, позволяющих создать структуру теста, приближенную к традиционной [4, 5].

Экспериментальным путем была разработана оптимальная рецептура безглютеновой смеси, состоящей из комбинации льняной муки с соевым белком, картофельным крахмалом и ксантановой камедью. Комбинация этих ингредиентов позволила создать тесто, обладающее высокой пластичностью и эластичностью, свойства которого были близки к традиционному тесту из пшеничной муки [6]. Важным показателем качества теста является уровень адгезии, которую определяли с помощью структурометра СТ-2. При сравнении ряда образцов теста на основе льняной муки (образцы № 1–6) с образцом теста на основе пшеничной муки № 7 определили оптимальное соотношение компонентов для мучной смеси (рис. 1). Доля льняной муки в мучной смеси составила 30%.

Полученное тесто на основе льняной муки легло в основу разработки ассортимента мучных кулинарных изделий: пельменей и вареников.

Данная категория представляет собой широкий спектр блюд, традиционно потребляемых населением и доступных по ценовой политике. Основные потребительские свойства данных изделий характеризуются продолжительностью тепловой обработки до полной готовности, а также упругостью и прочностью после варки, сохранением формы и целостности изделия.

Технологический процесс индустриального производства мучных кулинарных изделий включает несколько этапов.

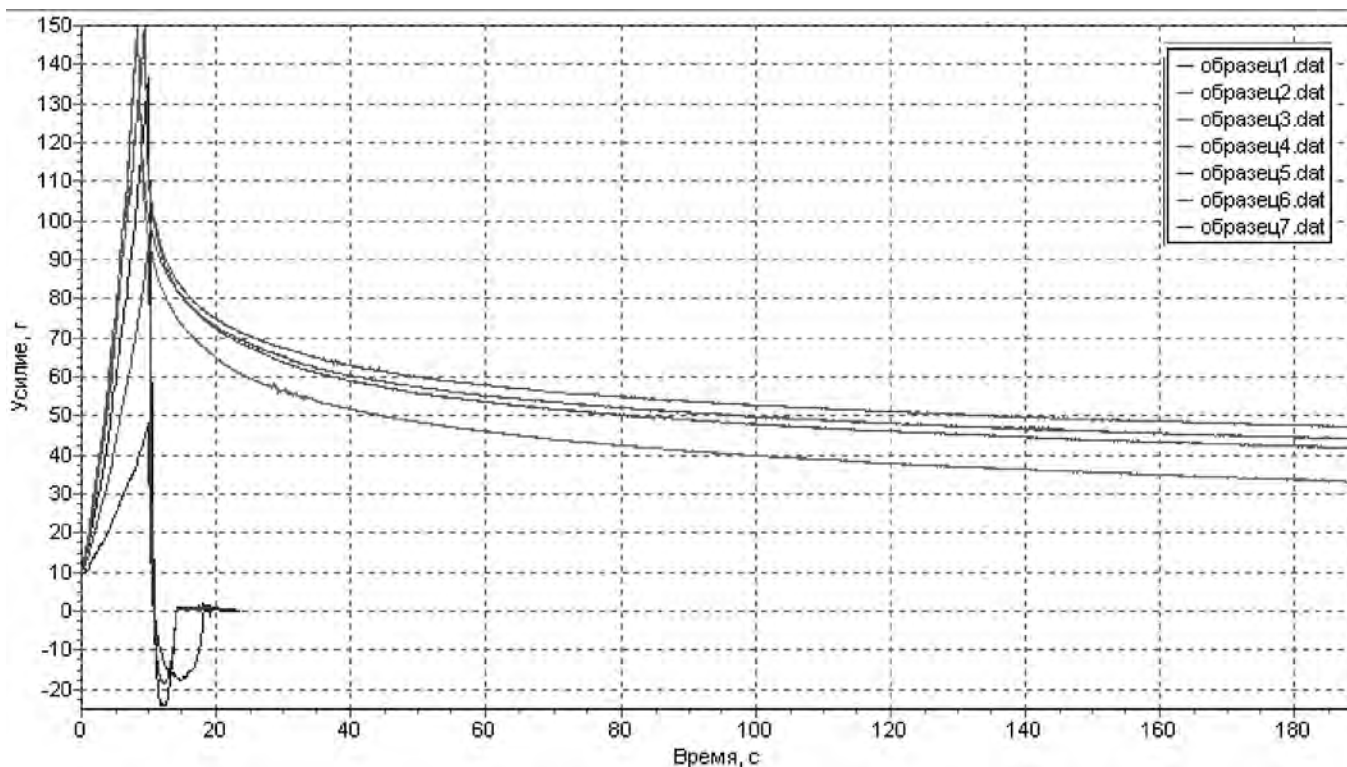


Рис. Результаты определения адгезионного напряжения образцов теста.

В тестомесильной машине замешивают тесто из мучной смеси, яйца (яичного порошка) и воды (иногда молока), затем загружают в бункер тестораскаточной машины, в которой оно раскатывается до требуемой толщины.

При использовании данной технологии производства полуфабрикатов тесто получается плотным, но грубым, и имеет более натуральную окраску. Дораскатке тесто подвергается в формовочной машине, там в него подается начинка. Для приготовления начинки используют дробилку – специальное оборудование для производства полуфабрикатов.

С помощью этого оборудования путем измельчения сырья получают фарш. После чего с добавлением ингредиентов его пропускают через волчок, и все это перемешивается в фаршемешалке, куда при необходимости добавляют охлажденную льдом воду или лед. Затем фарш загружается в бункер формовочной машины, где происходит формовка продукта в соответствии с необходимой формой и весом.

После совершения всех вышеперечисленных операций полуфабрикаты на тележках направляются в камеру шоковой заморозки или, в случае высокой производительности пельменной линии, – автоматически по конвейеру в спиральный скороморозильный аппарат. В камере шоковой заморозки продолжительность заморозки полуфабриката, вес которого около 10 г, составляет 1–1,5 часа, в спиральном скороморозильном аппарате – около 20–30 минут. После заморозки происходит упаковка полуфабрикатов и их перемещение на хранение в низкотемпературную камеру.

В ходе эксперимента полуфабрикаты замораживали двумя способами, а именно «шоковой» заморозкой и бытовым способом. В обоих случаях полуфабрикаты сохраняли форму при заморозке и последующей варке, тесто не крошилось, хорошо сохраняло форму, было эластичным с удовлетворительной растяжимостью.

Традиционно полуфабрикаты замораживают на лотках, установленных на полках тележек или на рамках, которые

помещают в морозильные камеры с естественным движением воздуха, а также в специальных скороморозильных аппаратах туннельного типа. При штамповке полуфабрикатов на стальной ленте их замораживают в скороморозильных аппаратах в потоке холодного воздуха до температуры в центре начинки -10°C и ниже. Для сохранения вкусовых качеств и сокращения естественных потерь массы полуфабрикаты необходимо замораживать быстро [7].

Варка полуфабрикатов производилась в соответствии с указаниями Сборника рецептов блюд и кулинарных изделий в условиях, максимально приближенных к производственным, партиями по 20 штук при соотношении воды и полуфабрикатов 4:1 [8]. Коэффициент увеличения массы после варки определяли опытным путем, он составил 10–12 %.

По показателям пищевой и энергетической ценности готовые безглютеновые вареники на льняной муке не уступают вареникам из пшеничной муки (табл. 3).

Таблица 3

Пищевая и энергетическая ценность готовых изделий

Химический состав	Содержание в 100 г		
	Контроль из пшеничной муки	Безглютеновые вареники образец № 1	Безглютеновые вареники образец № 2
Белки, г	9,52	10,24	5,55
Жиры, г	4,65	5,68	10,00
Углеводы, г	32,00	31,25	33,20
Калорийность, ккал	205,00	236,00	245,00

Изделия получили положительную оценку при апробации на кафедре технологии и организации питания СПбГУ.

С целью выявления и оценки эффекта влияния безглютеновых вареников на состояние здоровья больных целиакией были проведены их клинические испытания на базе Военно-Медицинской академии имени С. М. Кирова МО РФ. По по-

казаниям врачей больным предлагалось оценить безглютеновые вареники по органолептическим показателям [9] и реакции организма на данный продукт. Органолептические показатели были оценены по пятибалльной шкале в среднем на «4». Показаний по запрету употребления безглютеновых вареников от врачей не было.

Органолептические показатели также были оценены военнослужащими срочной службы войсковой части 30616-2 г. Сертолово-2. Органолептические показатели были оценены по пятибалльной шкале в среднем на «4», поскольку они имели непривычный коричневатый оттенок тестовой оболочки.

Таким образом, можно говорить о пригодности разработанных изделий в лечебно-профилактическом питании больных целиакией.

Литература

1. Красильников В.Н., Тырлова О.Ю., Доморощенкова М.Л., Демьяненко Т.Ф. Технологические свойства полуобезжиренной муки и перспективы ее использования в производстве мучных изделий // Актуальная биотехнология. – № 2 (9). – 2014. – с. 38–42.
2. Киреева М.С. Функционально-технологические свойства семян льна и разработка технологии мучных кондитерских изделий специализированного назначения на их основе: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.07 / М.С. Киреева – Санкт-Петербург, 2014. – 113 с.
3. Обзор российского рынка замороженных полуфабрикатов // RUSSIAN FOOD&DRINKS MARKET

MAGAZINE. – № 5, 2013. Режим доступа: <http://www.foodmarket.spb.ru/current.php?article=1868>

4. Барсукова Н.В. Разработка технологии пряничных изделий на основе безглютенового мучного сырья: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.15 / Н.В. Барсукова. – СПб, 2005. – 156 с.

5. Мехтиев В.С. Белки зерна люпина узколистного: их биохимические и технологические свойства, использование в продукции для профилактического питания: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.07 / В.С. Мехтиев – СПб, 2009. – 16 с.

6. Тырлова О.Ю., Барсукова Н.В. Разработка индустриальной технологии замороженных полуфабрикатов на основе льняной муки [Электронный ресурс]: Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – № 3, 2014. – С. 43–52. Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/10418.pdf>

7. Качество тестовых оболочек быстрозамороженных полуфабрикатов // Мясные технологии. – № 9, 2010. Режим доступа: <http://denfai-ssnab.ru/new/publications/index/view/id/21/>

8. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Сборник технологических нормативов. Ч. 1. – М.: Хлебпродинформ, 1996.

9. ГОСТ 31986-2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания.

УДК: 37:63

Организация зарубежных сельскохозяйственных стажировок в аграрных вузах

Organization of international agricultural internships in agrarian universities

О. В. МОРОЗОВА

ФГБОУ ВО «Саратовский
ГАУ им. Н. И. Вавилова»,
г. Саратов
e-mail: ovm8@mail.ru

O. V. MOROZOVA

Federal State Budgetary
Educational Institution
«Saratov State Agrarian University
named after N.I. Vavilov», Saratov
e-mail: ovm8@mail.ru

В статье рассматривается значение зарубежных сельскохозяйственных стажировок и практик для студентов аграрных вузов. Приводится пример Саратовского государственного аграрного университета имени Н. И. Вавилова в организации таких практик и стажировок.

Ключевые слова: зарубежные сельскохозяйственные стажировки и практики, будущий специалист АПК, специализация стажировок, совершенствование подготовки кадров.

The article discusses the importance of international agricultural internships and trainings for students of agricultural universities. An example of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov in organizing such internships and trainings is given.

Key words: international agricultural internships and trainings, future agribusiness specialist, internship specialization, staff improving training.

Одними из важных индикаторов развития международного сотрудничества аграрного вуза в науке и образовании являются международные сельскохозяйственные стажировки. Это образовательные стажировки и сельскохозяйственная практика студентов в зарубежных сельскохозяйственных компаниях. В ходе прохождения практик студенты имеют возможность изучать особенности организации сельского хозяйства страны назначения, производственную деятельность разных стран, научиться адаптироваться к условиям жизни в незнакомой культурной среде, а также повысить уровень владения иностранным языком [1, 2]. Ключевая цель данных практик и стажировок для студентов аграрных вузов – знакомство с международным опытом ведения сельского хозяйства другой страны, применение на практике полученных в вузе знаний в сельскохозяйственной компании, изучение новых передовых технологий, обучение работе с сельскохозяйственной техникой и механизмами, получение уникальной информации о работе зарубежных сельскохозяйственных компаний «изнутри», а также приобретение опыта общения с представителями различных культур [3, 4].

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова (СГАУ) является одним из крупнейших

ведущих учебных заведений по подготовке специалистов для агропромышленного комплекса Саратовской губернии, Поволжского региона и других субъектов Российской Федерации. Университет придает большое значение практическому обучению студентов как одной из важных компонент образования. Он организует международные сельскохозяйственные стажировки и практики для студентов уже на протяжении более 20 лет. Студенты вуза имеют возможность познакомиться с сельским хозяйством таких стран, как Нидерланды, Германия, Финляндия, Швеция, Швейцария, Дания и Франция. Специализации стажировок соответствуют всем направлениям подготовки студентов аграрного вуза: молочные фермы (с сыроварением), КРС и свинофермы, смешанные фермы (животноводство и растениеводство), выращивание фруктов и овощей, цветы на срез (на открытом поле или в теплицах), выращивание горшечных цветов в теплицах, пропашные культуры, птице- и овцефермы, конефермы, садовые центры. Большой выбор специализаций стажировок позволяет заинтересованным студентам выбрать необходимое для них направление, получить опыт в выбранной области сельского хозяйства и приобрести знания, необходимые для современного специалиста. Поскольку совершенствование подготовки кадров для АПК в настоящее время является одной из приоритетных задач, развитие международных сельскохозяйственных стажировок способствует подготовке высококвалифицированных специалистов аграрного профиля, на практике знакомых с сельским хозяйством других стран и имеющих неоценимый опыт общения с зарубежными специалистами.

Около 50% студентов, проходящих сельскохозяйственную практику за рубежом, стажировались в Германии. Привлекательность данной страны объясняется ее высоким экономическим потенциалом, сельское хозяйство данной страны работает на высоком качественном уровне, немецкие фермеры, участвующие в программах стажировок, педантично и поэтапно знакомят студентов со своими компаниями. Не последнюю роль играют относительно близкое расположение Германии и развитые транспортные сети до места назначения.

Отличительной чертой всех немецких стажировок является обязательное предварительное знакомство с сельским хозяйством страны. Данное знакомство может быть оформлено в виде семинаров «Расширение знаний в области сельского хозяйства Германии» или индивидуальных ознакомительных занятий, которые организуются сразу же после приезда стажера на практику.

Ряд немецких партнеров, таких как аграрно-техническая школа «Дойла-Нинбург» и Ассоциация по сотрудничеству в области сельского хозяйства, экологии и развития села в Восточной Европе «Аполло» раз в две недели проводят учебные семинары на базе своих учреждений, собирая всех стажеров под одну крышу, что позволяет им обмениваться впечатлениями и делиться знаниями [5]. Темы семинаров достаточно разнообразны: методы экологического сельскохозяйственного производства; менеджмент на сельскохозяйственных предприятиях; аграрная политика Европейского Союза; развитие рынка сельскохозяйственной продукции; переработка сельскохозяйственной продукции; альтернативные источники энергии и др. Очень часто такие семинары делают выездными, сопровождая лекции показом передовых фермерских хозяйств или сельскохозяйственных выставок.

Любые стажировки в зарубежные сельскохозяйственные компании включают в себя обязательное знакомство с культурой данной страны. Поскольку большинство студентов проживают непосредственно в фермерских семьях как члены семьи, они участвуют во всех семейных, а также государственных праздниках и торжествах. Совместное времяпрепровождение, а также участие в экскурсиях и походах в парки и музеи позволяет стажерам увидеть жизнь зарубежных фермеров без прикрас, со всеми ее радостями и проблемами.

По окончании стажировки студенты пишут отчет, в котором описывают выполняемую ими работу, проводят анализ своей деятельности и сдают экзамен по немецкому языку. По итогам отчета и экзамена они получают сертификат. Данный сертификат заверяется Министерством сельского хозяйства и продовольствия ФРГ и является ценным вкладом в портфолио любого студента аграрного вуза при приеме на работу.

Таким образом, зарубежные сельскохозяйственные практики и стажировки позволяют будущему специалисту аграрного профиля расширить свой кругозор, вооружить его знаниями о специфике и сущности профессиональной деятельности, развить навыки в получении необходимой информации, сформировать творческий и исследовательский подход к работе, адаптироваться к условиям работы, интегрироваться в новый незнакомый трудовой коллектив, а также повысить уровень владения иностранным языком [3, 6]. Все вышеперечисленные навыки позволят будущему специалисту АПК быть конкурентоспособным на рынке труда и высококвалифицированным экспертом в выбранной области.

Литература

1. Павлова Л. А. Интерес к профессиональной деятельности как фактор повышения учебной мотивации студентов / Л. А. Павлова // Среднее профессиональное образование. – 2006 г. – № 8. – с. 144.
2. Семькин В. А., Лебедчук П. В. Значение производственной практики в формировании будущего специалиста АПК и пути ее совершенствования в контексте использования зарубежного опыта // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 9.
3. Абасов З. А. Роль педагогической практики студентов в их профессиональном становлении // Социологические исследования. – 2002. – № 3. – С. 94–96.
4. Арефьев А. Л., Дмитриев Н. М. Зарубежные научно-учебные стажировки. – М.: ЦСП, 2003.
5. DEULA Specialist training «Made in Germany».
6. Научная библиотека КиберЛенинка: <http://cyberleninka.ru/article/>

Форум не местного значения

«Саратов-Агро» – комплексный агропромышленный форум, направленный на решение задач в сфере сельского хозяйства. Форум проводится на экспериментальном поле НИИСХ Юго-Востока, расположенном в черте города. В работе форума ежегодно принимают участие свыше 100 компаний из более 20 регионов России, а также представители деловых и научных кругов стран ближнего и дальнего зарубежья.

В выставочной экспозиции «Саратов-Агро» представлены многочисленные образцы отечественной и зарубежной сельхозтехники, семена, корма, оборудование для животноводства, технологии точного земледелия и многое другое. Разнообразна география демонстрационных посевов сельскохозяйственных культур от крупнейших селекционных центров, расположенных в Европейской части страны.

Из года в год на агрофоруме масштабно и содержательно представительство сельскохозяйственной науки. В 2010 году «Саратов-Агро» посетили участники выездного заседания президиума Россельхозакадемии, посвященного 100-летию НИИСХ Юго-Востока и проблематике по стабилизации производства зерна в Поволжье. В формате агрофорума состоялось совместное заседание правительства Саратовской области и секции РАСХН по засухе (2013 г.), был проведен I съезд селекционных центров России (2014 г.).

В нынешнем году в Саратове пройдет выездное заседание президиума центрального совета ВОГиС. Его участники подведут итоги полувековой деятельности общества, определят перспективы развития отечественной генетики и селекции. Мероприятие в рамках агрофорума намечено провести с 4 по 5 августа.

Насыщенная деловая и научная программа с участием официальных лиц, специалистов отрасли, ученых помогает наладить партнерские отношения, заключать выгодные контракты, продвигать передовые научные разработки.

Организационную поддержку проведению агрофорумов оказывает правительство Саратовской области, РАН и ФАНО России, НИИСХ Юго-Востока, другие профильные федеральные и региональные структуры при содействии выставочного центра «Софит-Экспо» (г. Саратов). Пресс-спонсор форума – федеральная газета «Сельская жизнь».



