

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 3 (47), 2023 г.

Журнал СМИ основан в 2012 году.

Периодичность издания – 4 номера в год.

ISBN 9 785905 402036

Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

Главный редактор

Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН

Заместитель главного редактора

Сидоренко Владимир Сергеевич – к. с.-х. наук

Ответственный секретарь

Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Амелин Александр Васильевич, д. с.-х. наук

Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН

Бобков Сергей Васильевич, к. с.-х. наук

Бударина Галина Алексеевна, к. с.-х. наук

Васин Василий Григорьевич, д. с.-х. наук

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук

Возиян Валерий Иванович, д. с.-х. наук, Молдова

Головина Екатерина Владиславовна, д. с.-х. наук

Задорин Александр Михайлович, к. с.-х. наук

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

Панарина Вероника Игоревна, к. с.-х. наук

Полухин Андрей Александрович, д.э.н., профессор РАН

Привалов Фёдор Иванович, д.с.-х.н., член-корр. НАН Беларуси

Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН

Серекпаев Нурлан Амангельдинович, д. с.-х. наук, Казахстан

Суворова Галина Николаевна, к. с.-х. наук

Ушачев Иван Григорьевич, академик РАН

Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай

Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук

Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН

Яговенко Герман Леонидович, д. с.-х. наук

Научный редактор, корректор

Грядунова Н.В.

Технический редактор

Хмызова Н.Г.

Перевод на английский язык **Стефанина С.А.**

Фотоматериал **Черненький В.А.**

Журнал зарегистрирован в
Федеральной службе по надзору в
сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций

**Реестровая запись СМИ
ПИ №ФС77-77939
от 19 февраля 2020 г.**

**Журнал включен ВАК при
Минобрнауки РФ в Перечень
рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть
опубликованы основные научные
результаты диссертаций на
соискание ученой степени
кандидата и доктора наук**

Полные тексты статей
в формате pdf доступны на сайте
журнала: <https://journal.vniizbk.ru>

Журнал включен в
библиографическую базу данных
Российский индекс научного
цитирования (РИНЦ)
<http://eLIBRARY.RU>
и Международную базу данных
AGRIS ФАО ООН <http://agris.fao.org>

Адрес редакции, издателя,
типографии:
302502, Орловская область,
Орловский район, пос. Стрелецкий,
ул. Молодежная, д.10, корп. I
тел.:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbn@mail.ru
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 21.09.2023 г.
Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.
Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»
Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 3 (47), 2023

Scientific journal founded in 2012 year.

Frequency of publication 4 issues per year.

ISBN 9 785905 402036

Founder and Publisher – **Federal State Budgetary Scientific Institution**
«Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops» (FSBSI FSC LGC)

Editor-in-Chief: **Zotikov, Vladimir I.** – *Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*

Deputy Editor-in-Chief: **Sidorenko, Vladimir S.** – *Deputy Director for breeding work, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*

Assistant Editor: **Gryadunova, Nadezhda V.** – *Leading Researcher Lab. NTI, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Biol.)*

EDITORIAL TEAM

Amelin, Aleksandr V. – *Collective Use Center «Plant Genetic Resources and Their Use» – N.V. Parakhin GAU, Orel; Dr. Sci. (Agric.)*

Batalova, Galina A. – *FSBSI Rudnitsky FANTs Severo-Vostoka, Deputy Director, Member, Russian Academy of Sciences.*

Bobkov, Sergei V. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, Cand. Sci. (Agric.)*

Budarina, Galina A. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Agricultural Technology and Plant Protection, Cand. Sci. (Agric.)*

Vasin, Vasily G. – *Samara State Agrarian University, Head. Department of Crop Production and Agriculture, Dr. Sci. (Agric.)*

Vishnyakova, Margarita A. – *FSBSI N.I. Vavilov FITS VIGR, Head of Department, Dr. Sci. (Biol.)*

Voziyan, Valeriy I. – *NIIPK «Selection» Rep. of Moldova, Dr. Sci. (Agric.)*

Golovina, Ekaterina V. – *FSBSI FSC LGC, Dr. Sci. (Agric.)*

Zadorin, Aleksandr M. – *FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*

Kosolapov, Vladimir M. – *FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Academician, Russian Academy of Sciences.*

Panarina, Veronika I., *FSBSI FSC LGC, Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Agric.)*

Polukhin, Andrei A. – *FSBSI FSC LGC, Director, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Russian Academy of Sciences*

Privalov, Fedor I. – *Dr. Sci. (Agric.), Corresponding Member, National Academy of Sciences of Belarus, Professor*

Pryanishnikov, Alexander I. – *JSC «Schelkovo-Agrochem», Head of the Department of Selection and Seed Production of Agricultural Crops, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*

Serekpaev, Nurlan A. – *S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, vice-rector, Dr. Sci. (Agric.)*

Suvorova, Galina N. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Genetics and Biotechnology, Cand. Sci. (Agric.)*

Ushachev, Ivan G. – *FSBSI FSC VNII Agr.Economics, Academician, Russian Academy of Sciences*

Feng Baili – *Ph. D., Professor, Northwest A & F University, P.R. China*

Fesenko, Aleksei N. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Buckwheat Breeding, Dr. Sci. (Biol.)*

Shevchenko, Sergei N. – *Samarskii NIISKh, Director, Member, Russian Academy of Sciences.*

Yagovenko, German L. – *All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Dr. Sci. (Agric.)*

Scientific editor: **Gryadunova, Nadezhda V.**

Layout, design: **Khmyzova, Natal'ya G.**

English translation: **Stefanina, Svetlana A.**

Photo: **Chernen'kii, Vitalii A.**

Journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications

Media registry record
ПН №ФЦ77-77939
dated 19.02 2020

The journal is included by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the List of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences should be published

Full texts of articles in pdf format are available at:
<https://journal.vniizbk.ru>

Journal is included in the bibliographic database Russian Science Citation Index (RSCI)

<http://eLIBRARY.RU>

and in the International Database AGRIS FAO UN <http://agris.fao.org>

Editorial office, publisher, printing address:
302502, Orlovskaja oblast', Orlovskij rajon, pos. Streleckij, ul. Molodezhnaja, d.10, korp.1
phone:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbk@mail.ru
Site: <https://vniizbk.ru>

Date of publication: 21.09.2023

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства	5
Задорин А.М., Кононова М.Е. Новые приоритеты в селекции гороха	14
Сеферова И.В., Бойко А.П. Результаты изучения образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2019–2021 гг.	19
Атакова Е.А., Казарина А.В. Изучение исходного материала сои в неорошаемых условиях Самарского Заволжья	28
Зеленцов С.В., Паспекров Д.И., Тевченков А.А., Мошненко Е.В. Эколого-географическая оценка селекционных линий сои Краснодарской селекции в условиях Липецкой области	34
Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В., Соболев С.В., Молодовский Я.С. Показатели качества зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка»	42
Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Деева В.М., Данилов С.Ю., Смит И.Н. К характеристике сортов озимой пшеницы Орловского биотипа	48
Сеничев Е.И. Особенности формирования урожая озимой пшеницы при отвальной и нулевой обработке почвы	54
Фадеева И.Д., Курмакаев Ф.Ф. Оценка сортов озимой пшеницы на устойчивость к листовым грибным болезням	61
Тугарева Ф.В., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Шаболкина Е.Н. Новый сорт твёрдой яровой пшеницы Фея – межвидовой гибрид <i>Triticum durum</i> × <i>Triticum dicoccum</i>	68
Медведев А.М., Лисеенко Е.Н., Кузьмич М.А., Кузьмич Л.А. О результатах селекции озимой тритикале в Подмосковье	77
Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка генотипов ярового ячменя по комплексу параметров, определяющих их селекционную ценность, адаптивную способность в конкурсном сортоиспытании.	85
Наумкин В.Н., Лукашевич М.И., Киселева С.Г., Блинник А.С., Артемова О.Ю. Урожайность и качество новых сортов и сортообразцов люпина белого в условиях Белгородской области	90
Сокурова Л.Х. Селекция проса посевного на повышение продуктивности	96
Ескова В.С., Гусев В.В., Халикова М.М., Эленбергер Р.А., Бахарева Н.В., Храмов А.В., Набабкина К.А. Оценка урожайности и параметров адаптивности сахарного и травянистого сорго в зоне засушливой черноземной степи Поволжья	102
Родина Т.В., Асташов А.Н., Сафронов А.А. Оценка засухоустойчивости пайзы по набуханию семян в условиях осмотического стресса	108
Гуреев И.И. Моделирование и цифровая оптимизация процессов в земледелии	114
Беленков А.И. Использование цифровых технологий координатного (точного) земледелия в полевом опыте ЦТЗ	122
Головина Л.А., Логачева О.В. Анализ состояния отраслей зернопродуктовой цепочки с позиций динамической эффективности.....	132

CONTENTS

Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. Digital technologies as an element of platform solutions for scientific and technological support of crop production	5
Zadorin A.M., Kononova M.E. New priorities in pea breeding.....	14
Seferova I.V., Boyko A.P. Results of testing of soybean's accessions at Adler VIR experimental station in 2019-2021	19
Atakova E.A., Kazarina A.V. Study of soybean source material in non-irrigated conditions of the Samara Trans-Volga region	28
Zelentsov S.V., Paspekov D.I., Tevchenkov A.A., Moshnenko E.V. Ecological and geographical assessment of soybean breeding lines of Krasnodar breeding in the conditions of the Lipetsk region	34
Sandukhadze B.I., Mamedov R.Z., Krakhmaleva M.S., Bugrova V.V., Sobolev S.V., Molodowsky Y.S. Grain quality indicators of varieties and lines of winter bread wheat breeding of FIC "Nemchinovka"	42
Karakotov S.D., Pryanishnikov A.I., Khverenets S.E., Titov V.N., Deeva V.M., Danilov S.Yu., Smit I.N. To the characteristics of varieties of winter wheat of the Orel biotype	48
Senichev E.I. Characteristics of winter wheat yield formation using moldboard plowing and no-tillage methods	54
Fadeeva I.D., Kurmakaev F.F. Evaluation of winter wheat varieties for resistance to leaf fungal diseases	61
Tugareva F.V., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G., Shabolkina E.N. New variety of hard spring wheat Feya - interspecific hybrid <i>Triticum durum</i> × <i>Triticum dicoccum</i>	68
Medvedev A.M., Liseenko E.N., Kyzmich M.A., Kyzmich L.A. About the results of winter triticale breeding in the Moscow region	77
Andreev A.A., Dracheva M.K. Evaluation of spring barley genotypes according to a set of parameters that determine their breeding value, adaptive ability in competitive variety testing	85
Naumkin V.N., Lukashevich M.I., Kiseleva S.G., Blinnik A.S., Artemova O.Yu. Yield and quality of new varieties and cultivars of white lupine under conditions of Belgorod oblast	90
Sokurova L.H. Breeding of common millet to increase productivity	96
Eskova V.S., Gusev V.V., Khalikova M.M., Elenberger R.A., Bakhareva N.V., Khramov A.V., Nababkina K.A. Evaluation of the yield and adaptability parameters of sugar and grass sorghum in the zone of the arid chernozem steppe of the Volga region	102
Rodina T.V., Astashov A.A., Safronov A.A. Assessment of the drought resistance of paiza by seed swelling under osmotic stress	108
Gureev I.I. Simulation and digital optimization of processes in agriculture	114
Belenkov A.I. The use of digital technologies for coordinate (precision) farming in the field experiment of the Center for Precision Agriculture (CPA)	122
Golovina L.A., Logacheva O.V. Analysis of the state of the grain product chain industries from the standpoint of dynamic efficiency	132

DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-5-13

УДК 63.09:006.16

«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ПЛАТФОРМЕННЫХ РЕШЕНИЙ НАУЧНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА»

Н.В. ГРЯДУНОВА, кандидат биологических наук

Н.Г. ХМЫЗОВА, кандидат педагогических наук, ORCID ID: 0000-0001-7125-6976

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, Г. ОРЁЛ

В статье представлена информация о прошедшем Аграрном форуме «Аграрная неделя Орловской области – 2023». Программа форума включала проведение следующих мероприятий: международную научно-практическую конференцию «Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства»; научно-методический семинар «День поля и ярмарка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на Шатиловской СХОС»; «День русского поля» и «День Орловского муниципального округа».

Ключевые слова: селекционные достижения, продовольственная безопасность, сорта, технологии, семеноводство.

Для цитирования: Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):5-13. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-5-13

«DIGITAL TECHNOLOGIES AS AN ELEMENT OF PLATFORM SOLUTIONS FOR SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF CROP PRODUCTION»

N.V. Gryadunova, N.G. Khmyzova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS», Orel

***Abstract:** The article provides information about the past Agrarian Forum «Agrarian Week of the Orel Region – 2023». The program of the forum included the following events: international scientific and practical conference "Digital technologies as an element of platform solutions of scientific and technological support of crop production"; scientific and methodological seminar «Field Day and fair of varieties and hybrids of agricultural crops at Shatilovskaya SkhOS»; «Day of Russian field» and «Day of Orel municipal district».*

Keywords: breeding achievements, food security, varieties, technologies, seed production.

Министерство науки и высшего образования РФ, Российская академия наук, Правительство Орловской области, Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур провели в рамках Аграрного форума «Аграрная неделя Орловской области -2023» с 29 июня по 02 июля ряд мероприятий: международная научно-практическая конференция в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур «Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства» и научно-методический семинар «День поля, ярмарка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на Шатиловской СХОС», «День русского поля», «День Орловского муниципального округа».

Участники форума – специалисты Минобрнауки РФ, МСХ РФ, Российской академии наук, руководители научных организаций и ВУЗов российских регионов и республики

Беларусь, академики и член-корреспонденты РАН, ведущие селекционеры и технологи, представители агрохолдингов, фермерских хозяйств и научно-производственных фирм, инвестиционных компаний, средств массовой информации. Принять участие в аграрной неделе изъявили желание более 100 российских и белорусских компаний и фирм, работающих или напрямую связанных с АПК, а также сельхозтоваропроизводители. Программа, рассчитанная на несколько дней, включала большой перечень как теоретических, научных, так и прикладных, практических блоков, ознакомительных, в том числе полевых экспедиций.

В числе почётных гостей Аграрной недели – губернатор Орловской области А.Е. Клычков, председатель ЦК КПРФ Г.А. Зюганов и его заместитель академик РАН В.И. Кашин; представители МСХ РФ – зам министра А.В. Разин и руководители Департаментов Р.В. Некрасов, Д.В. Бутусов; директор Департамента Министерства науки и высшего образования РФ член-корреспондент РАН В.А. Багиров, представители РАН, сенатор В.Н. Иконников, заместитель губернатора в Правительстве области по АПК С.П. Борзёнков.

Началась Аграрная неделя **29 июня** в **Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур** с международной научно-практической конференции **«Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства»**. В конференции приняли участие представители из различных научных учреждений и организаций: ФИЦ «Немчиновка», Верхневолжский ФАНЦ РАН, Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева, Курский ФАНЦ, ФНАЦ ВИМ, Поволжский НИИСС имени П.Н. Константинова, Ульяновский НИИСХ, Липецкий НИИ рапса, Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, «ОГУ имени И.С. Тургенева», ВНИИ селекции плодовых культур (г. Орёл), Витебский и Гродненский зональные институты растениеводства НАН Беларуси и других учреждений.



Приветствуя участников конференции заместитель губернатора в Правительстве Орловской области по развитию АПК Сергей Петрович Борзёнков отметил, что успехи аграрного сектора области напрямую связаны с целенаправленной, творческой и результативной работой ученых и селекционеров, в том числе и Федерального научного

центра зернобобовых и крупяных культур. Гостей приветствовали: директор ФНЦ ЗБК доктор экономических наук, профессор РАН Андрей Александрович Полухин, главный научный сотрудник Липецкого НИИ рапса член-корреспондент РАН Владимир Владимирович Карпачёв, директор РУНП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» Сергей Николаевич Шевчик, директор Центра интеллектуального цифрового сельского хозяйства Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН Сергей Иванович Антипин.

Работа конференции проходила по двум секциям: «Развитие селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур в условиях импортозамещения» и «Цифровизация научного и производственного процесса как способ обеспечения технологического прорыва в АПК. Организационно-экономические механизмы технологической модернизации АПК».



Президиум конференции,

*слева направо В.И. Зотиков, научный руководитель ФНЦ ЗБК, член-корр. РАН;
А.И. Шалимов руководитель Департамента сельского хозяйства Орловской области;
А.А. Полухин директор ФНЦ ЗБК, доктор экономических наук, профессор РАН;
В.В. Карпачёв главный научный сотрудник Липецкого НИИ рапса, член-корр. РАН*

Участники конференции обсудили современные достижения в селекции и семеноводстве, инновационные технологии для повышения производительности и качества сельскохозяйственной продукции. Одним из направлений стало использование ИТ для решения задач селекции сельскохозяйственных растений и повышения эффективности сельского хозяйства в условиях активного импортозамещения и цифровой экономики АПК.

Результатам и перспективным направлениям развития селекционных работ по зерновым культурам, гороху, сое, гречихе в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур было посвящено выступление члена-корреспондента РАН В.И. Зотикова.

О перспективах селекции ярового рапса с использованием современных молекулярно-генетических методов был доклад члена-корреспондента РАН В.В. Карпачёва. Свой доклад член-корреспондент РАН А.М. Медведев посвятил озимой тритикале, раскрыл особенности формирования признаков продуктивности и качества зерна созданных в ФИЦ «Немчиновка» новых сортов.



В зале конференции

О состоянии и приоритетах цифровой трансформации АПК Орловской области было выступление кандидата экономических наук Е.С. Суровцевой. Анализу мультиспектральных ортофотопланов высокого разрешения и беспилотным воздушным судам как элементам цифровой трансформации селекционного процесса в растениеводстве были посвящены доклады С.Д. Вилюнова, Р.К. Курбанова, С.И. Антипина, А.В. Гостева и других. Всего в ходе работы секций было заслушано около 20 научных докладов и сообщений



*Работа секции «Цифровизация научного и производственного процесса как способ обеспечения технологического прорыва в АПК.
Организационно-экономические механизмы технологической модернизации АПК»*

Оживленная дискуссия продолжилась при осмотре научных опытных посевов ФНЦ ЗБК. О достижениях и перспективных направлениях научных работ по селекции, семеноводству и технологии возделывания зернобобовых и крупяных культур выступили заведующие лабораториями – В.С. Сидоренко, А.М. Задорин, В.И. Панарина, К.Ю. Зубарева, С.В. Бобков, Г.Н. Суворова, З.Р. Цуканова, Г.А. Бударина, А.Н. Фесенко.



Участники конференции на осмотре селекционных посевов новых сортов озимой пшеницы Аист орловский, Орловское 32, Зуша, Синева, Скипетр 2. Комментирует кандидат сельскохозяйственных наук В.С. Сидоренко

30 июня Шатиловская СХОС – филиал ФНЦ ЗБК традиционно встречала участников и гостей двадцать шестого научно-методического семинара «День поля, ярмарка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур». День поля – это и выставка современных селекционных достижений, и возможность широкого обмена опытом, мнениями, и объективная оценка результатов труда не только селекционеров, но и семеноводов, технологов.



Демонстрационные посевы вики яровой на Шатиловской СХОС

Во время экскурсии по музею участников семинара ознакомили с экспонатами из истории становления и развития Шатиловской опытной станции, её научными трудами и достижениями в области агрономии, земледелия, лесоводства за 127 летний период. Затем участники семинара осмотрели демонстрационные посевы экологического испытания сельскохозяйственных культур и обновлённый машинно-тракторный парк. В текущем году на опытных делянках было высеяно свыше 350 сортов и гибридов озимой ржи, ярового ячменя, яровой пшеницы, овса, гороха, люпина, кормовых бобов, нута, чечевицы, гречихи, сои, кукурузы, подсолнечника, проса, рапса из различных научных учреждений и организаций, федеральных научных центров. В современных сложных погодноклиматических условиях оценка реакции сортов и гибридов на изменение условий выращивания очень важна в качестве главного фактора реализации потенциальной продуктивности растений и служит основой для разработки рекомендаций по реализации стратегии развития семеноводства в стране. Широкое использование новейших селекционных достижений занимает центральное место как важнейшей составляющей части развития инновационных технологий.

При ознакомлении с демонстрационными посевами авторы сортов и гибридов в комментариях подчёркивали наиболее ценные признаки и биологические особенности перспективных селекционных достижений по яровой пшенице, ячменю, овсу, гороху, сое, гречихе, люпину и другим культурам. В комментариях приняли активное участие: В.И. Зотиков, А.М. Медведев, В.В. Карпачёв, В.И. Панарина, В.И. Мазалов, В.А. Давыдова, Л.М. Ярошенко, А.Д. Кабашов, И.М. Щукин, А.М. Задорин, Г.М. Полетаев, Л.А. Ершова, Т.Г. Голова, Т.И. Зеленская, В.Г. Захаров и многие другие.



Участники научно – методического семинара «День поля» на Шатиловской СХОС



1 июля на площадке ФНЦ зернобобовых и крупяных культур прошёл «**День русского поля**», который стал по-настоящему народным фестивалем для жителей и гостей региона, а для представителей власти, науки и бизнеса – площадкой для содержательного, продуктивного диалога о перспективах развития сельскохозяйственной отрасли. В мероприятии приняли участие: губернатор А.Е. Клычков, заместитель губернатора в Правительстве области по АПК С.П. Борзёнков, лидер КПРФ Г.А. Зюганов и его заместитель академик РАН В.И. Кашин; представители МСХ РФ зам министра А.В. Разин, руководители Департаментов Р.В. Некрасов и Д.В. Бутусов; директор Департамента Министерства науки и высшего образования РФ член-корреспондент РАН В.А. Багиров, представители РАН.

В работе экспозиций приняли участие ФНЦ ЗБК, АО «Щёлково Агрохим», ООО КЗ «Ростсельмаш», ООО «ФосАгро», ПАО «Группа Черкизово», Группа компаний «Шанс», АО «Петербургский тракторный завод», ПАО «Камаз», ПАО «Россельхозбанк» и многие другие.

Участникам Дня русского поля были широко представлены экспозиции федеральных служб и научных организаций, конно-спортивные мероприятия, «Русское Родео» и кулинарное шоу от агрохолдинга «Мираторг», показательные выступления ковбоев: эстафета, ловля на лассо, отбитие бычка от стада, выступления творческих коллективов и Московского казачьего хора, Александра Маршала.



Президиум «Дня русского поля», гостей приветствует губернатор А.Е. Клычков



Выставка ФНЦ зернобобовых и крупяных культур

Почётная делегация посетила многочисленные экспериментальные площадки, в том числе, ознакомились с научными демонстрационными посевами сельскохозяйственных культур, выставкой и комментариями учёных ФНЦ ЗБК.



С результатами работы Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур делегацию знакомит директор А.А. Полухин.

Слева на право: А.Е. Клычков, Г.А. Зюганов, А.А. Полухин, С.П. Борзёнков



О новых направлениях в селекции гороха и новых селекционных достижениях перед участниками Дня русского поля выступил заведующий лабораторией селекции зернобобовых культур, кандидат сельскохозяйственных наук А.М. Задорин



С характеристикой новых сортов озимой пшеницы и перспективных направлениях селекции выступил кандидат сельскохозяйственных наук В.С. Сидоренко

Проведённые на высочайшем организационном уровне мероприятия Аграрного форума Орловской области имеют важное значение для аграрного сектора экономики не только региона но и России, поскольку была предоставлена уникальная возможность для учёных - демонстрировать главные достижения и передовые технологии российской науки, способствовать обмену опытом между участниками, выработать решения по актуальным проблемам отрасли и определять пути её дальнейшего развития, для производителей – демонстрировать новую сельскохозяйственную технику в работе, новые виды удобрений и средств защиты растений.

Всего в мероприятиях приняли участие свыше 5 тысяч участников.

НОВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА

А.М. ЗАДОРИН, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-1498-0882

E-mail: alex.zadorin@yandex.ru,

М.Е. КОНОНОВА, научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, Г. ОРЁЛ

В Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур была создана новая форма гороха с усатолисточковыми листьями. Ярко выраженная, в зависимости от режима освещения ярусная гетерофиллия, дала основание назвать новую форму хамелеон. Особая структура листового аппарата растения гороха усатолисточковой формы позволяет сочетать в себе высокий потенциал устойчивости к полеганию и продуктивности. В ходе изучения гетерофилльной формы гороха была отмечена сортоспецифичность относительно формирования листовых пластинок на усатолисточковом листе, а так же морфологические различия между усатыми листьями усатой и усатолисточковой формы. В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений РФ включены 2 сорта гороха, созданные на основе усатолисточковой формы хамелеон – Спартак и Ягуар, допущенные к возделыванию в семи и пяти регионах соответственно. Сорта характеризуются высокой продуктивностью, свыше 6 т/га и, благодаря усатым и усатолисточковым листьям в сочетании с прочным стеблем, повышенной устойчивостью к полеганию.

Ключевые слова: горох, форма (морфотип), ярусная гетерофиллия, сорт, урожайность, устойчивость к полеганию.

Для цитирования: Задорин А.М., Кононова М.Е. Новые приоритеты в селекции гороха. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):14-18. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-14-18

NEW PRIORITIES IN PEA BREEDING

A.M. Zadorin, M.E. Kononova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS», OREL

Abstract: *A new form of pea with tendrill-leaflet leaves has been created at the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops. Pronounced, depending on the light regime, stratified heterophyllia, gave reason to name the new form chameleon. The special structure of the leaf apparatus of pea plants of the tendrill-leaflet form allows combining a high potential for lodging resistance and productivity. During the study of the heterophyll form of pea, varietal specificity with respect to leaf plate formation on tendrill-leaflet leaf, as well as morphological differences between tendrill leaves of tendrill and tendrill-leaflet forms were noted. Currently, the State Register breeding achievements of the Russian Federation includes 2 varieties of peas created on the basis of the tendrill-leaflet form of the chameleon – Spartak and Jaguar, approved for cultivation in seven and five regions, respectively. The varieties are characterized by high productivity, over 6 t/ha and, thanks to leafless and tendrill-leaflet leaves in combination with a strong stem, increased resistance to lodging.*

Keywords: pea, form (morphotype), stratified heterophyllia, variety, yield, lodging resistance.

Введение

Усатолисточковая форма гороха была создана благодаря появлению мутации гена *uni* (*unifoliata*), выделенной индийским генетиком В. Sharma (1972), в результате химического мутагенеза. Данная мутация была обозначена символом *tac* (*tendrilled acacia*), является рецессивным аллелем мутировавшего гена и определяет морфотип листа усиковая акация. Фенотипически тип листа усиковой акации отличается от акациевидного листа, контролируемого геном *tl* (*tendril-less*) тем, что субапикальная пара листочков сложного листа метоморфизирована в усики (при неполной пенетрантности признака) и количество формирующихся пар листочков не превышает трех, в то время как на акациевидном листе их может быть до семи и более. В результате генетического анализа В. Sharma и S. Kumar (1981), идентифицировали различные аллели, определяющие тип листа усиковой акации *tac^b* (с широким апикальным листочком) и *tac^s* (с узким апикальным листочком). Позже, в ФНЦ ЗБК, был идентифицирован аллель *tac^a*, фенотипически сходный с *tac^b*, но имеющий иное генетическое проявление при анализе путем скрещиваний [1].

При скрещивании растений гороха, имеющих морфотип листа усиковая акация *tac^b* с растениями гороха, имеющими усатый морфотип *af*, в результате рекомбинации возникает генный комплекс *af tac^b*. Эпистатическое действие этого комплекса генов, контролирующей листовой аппарат, определяет усатолисточковую форму сложного листа [2]. Подобное взаимодействие неаллельных генов у гороха отметил G.A. Marx в 1987 году, при формировании многократно-непарноперистых листьев, в результате образования генного комплекса *af tl*.

В Российской Федерации усатолисточковая форма впервые была выделена в Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур А.Н. Зеленовым в 1989 году из расщепляющейся гибридной комбинации *tendrilled acacia* (Индия) × *Filby* (Великобритания). Выделенные растения характеризовались ярко выраженной в зависимости от режима освещения ярусной гетерофиллией, в связи с чем данная форма получила название хамелеон. В 2001 году сотрудники ВИРа имени Н.И. Вавилова В.П. Сердюк и А.К. Станкевич включили новую форму в систематику гороха как разновидность Зеленова (*var zelenovii Serd. et Stankev.*).

Важным преимуществом формы хамелеон является высокая физиологическая активность продукционного процесса. По содержанию хлорофилла и фотохимической активности хлоропластов во всех хлорофиллсодержащих органах селекционные линии новой формы на 10-20% превосходят листовые («обычные») сорта и на 25-37% – безлистные сорта [3].

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к возделыванию, включены 2 сорта усатолисточковой формы Спартак и Ягуар. Оба сорта имеют широкий ареал допуска – семь и пять регионов соответственно [4].

Результаты и обсуждение

Сорт Спартак включен в Госреестр с 2009 года. Создан методом индивидуального отбора из F4 гибридной комбинации *Az 23* × *San Cipriano*. Среднеспелый, продолжительность вегетационного периода 75...82 суток. Характеризуется ярусной гетерофиллией. Два-три нижних развитых листа обычно имеют два-три листочка и неветвящийся усик, выходящие практически из одной точки короткого черешка. Выше, на четырех-пяти узлах, лист представлен многократно разветвленными усиками с нерегулярно расположенными на них листочками неправильной формы. Еще выше по стеблю на трех-четырех узлах формируются листья с многократно ветвящимися усиками, листочки на которых редуцируются. В зоне плодоношения вновь располагаются усатолисточковые листья.

В посеве образует плотный, устойчивый к полеганию стеблестой. Длина стебля 65...75 см. Растения имеют 13-15 непродуктивных и 3...5 продуктивных узлов. Имеет прямые бобы, длиной 6...8 см и шириной 1,5 см, с желто-бурой окраской. Верхушка боба тупая. Бобы трех-пяти-семянные. Семена без признака неосыпаемости, имеют желто-розовую окраску,

округлую форму. Масса 1000 семян 190...210 г. Содержание белка в семенах 22,7%. Сорт интенсивного типа – потенциальные возможности реализует на высоком агрофоне. Наиболее высокий урожай семян в ГСИ 62,3 ц/га получен в 2008 г на Большеболдинском сортоучастке Нижегородской области. Это на 15,4 т/га выше стандартного сорта Таловец 70 [5].

В производстве наибольший урожай получен в 2021 году в опытной станции «Стрелецкая» – филиал ФГБНУ ФНЦ ЗБК, где на участке 50 га сорт Спартак сформировал урожайность 61,2 ц/га.

Допущен к использованию в Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском, Средневолжском, Уральском, Дальневосточном регионах России.

Сорт Ягуар создан методом многократного индивидуального отбора из расщепляющейся гибридной популяции F₅ Аз-99 х Татьяна (рис.2).



Рис. 2. Схема создания сорта Ягуар

Гетерофильную форму сорт Ягуар унаследовал от материнского донора линии Аз-99, произведенной от линии Аз-23, выделенной из расщепляющейся гибридной комбинации tendrilled acacia x Filbu. В качестве отцовского донора использован сорт Татьяна, имеющий мощные усатые листья. В процессе селекционной работы с формой хамелеон, выявлена закономерность, что при межморфных скрещиваниях с усатой формой, мощность структуры усатого листа положительно передается производным усатолисточковым генотипам. Поэтому мощность листа сорта Ягуар унаследована от сорта Татьяна. В родословной сорта Ягуар присутствуют сорта Спрут и Спрут-2, отличающиеся высокой технологичностью.

Сорт относится к виду (sp.) *Pisum sativum* L., подвиду (Ssp.) *sativum*; разновидности (Var.) *zelenovii* Serd. et Stankev [6].

Растения сорта Ягуар характеризуется усатолисточковой формой листа и ярусной гетерофиллией. В средней зоне растения лист под влиянием светового режима (при высокой освещенности) может сформироваться с полной редукцией листочков до уплощения усиков.

Растения нового сорта имеют стебель обычной формы, высотой 45...75 см, число междоузлий до первого соцветия 10...12, общее число междоузлий 19...22. На растении формируется 8...11 бобов, максимальное количество 15. Боб прямой, с тупой верхушкой, луцильного типа со средне-грубо-волокнистым швом. Средняя ширина боба 1,4 см, длина 6,6 см. Окраска бобов в период окончания налива зеленая, при полной спелости желтая. В бобе формируется 4...5 семян, максимально до 7. Семена крупные по размеру, угловато-округлой формы, масса 1000 семян 255 г. Окраска семени светло-розовая. Семенная кожура тонкая, белого цвета. Поверхность семени гладкая, матовая. Рубчик светлый. Семядоли желтого цвета.

Сорт среднеспелый. Длина вегетационного периода от всходов до полного созревания в среднем составляет 75 дней. Характерная особенность сорта раннее цветение, которое наступает на 3...5 дней раньше и завершается одновременно со среднеспелыми сортами. Благодаря растянутому периоду плодообразования период формирования семян дольше и

проходит с меньшим напряжением, что положительно влияет на повышение продуктивности.

Средняя урожайность сорта Ягуар за годы КСИ 2015...2017 гг. составила 42,9 ц/га, что на 7,8 ц/га выше стандарта Фараон [6].

Максимальная урожайность в конкурсном испытании сорта Ягуар отмечена в 2017 году – 52,2 ц/га, на 11,8 ц/га выше, чем у стандарта. Новый сорт также характеризуется высокой устойчивостью к полеганию за годы испытания, имеет оценку 4,8 баллов, у стандарта – 4 балла. Массовая доля сырого протеина в семенах сорта Ягуар, в среднем за годы испытания, составила 24,5%.

Зерно сорта Ягуар обладает хорошей разваримостью и отличным вкусом, может быть рекомендовано для продовольственных целей.

На государственное сортоиспытание Ягуар передан в 2018 году. Первоначально новый сорт был заявлен по Центрально-Черноземному региону, затем, после успешного завершения и включения в Госреестр в 2020 году, испытание было расширено еще на 4 региона – Волго-Вятский, Северо-Кавказский, Нижневолжский и Западно-Сибирский. С 2022 года сорт Ягуар допущен к возделыванию по всем вышеуказанным регионам. За годы государственного испытания сорт демонстрировал весьма впечатляющие результаты. На ряде сортоучастков в разные годы сорт имел лучшие показатели продуктивности. В 2019 году сорт Ягуар был лучшим на Щигровском сортоучастке Курской области, превысив по урожайности стандарт Рокет на 4,8 ц/га. В 2020 году новый сорт показал лучшие результаты среди испытываемых сортов в Краснодарском крае на Кореновском и Отрадненском госсортоучастках – превысил стандарт Старт на 4,1 и 17,6 ц/га соответственно, в Ставропольском крае на Ипатовском сортоучастке – превысил стандарт Рассвет на 1,6 ц/га, в Волгоградской области на Новоаненском сортоучастке – превысил стандарт Самариус на 7,2 ц/га, в Саратовской области на Балаковском сортоучастке превысил стандарт Флагман 12 на 6,9 ц/га. Максимальная урожайность сорта Ягуар отмечена на Томской ГСС 63,6 ц/га, выше, чем у стандарта Томас на 6,2 ц/га.

Благодаря особой структуре листового аппарата растения гороха усатолисточковой формы сочетают в себе высокий потенциал устойчивости к полеганию и продуктивности. Не случайно эта форма имеет название хамелеон. Ее особенностью является образование на усатом листе хаотично расположенных мелких листочков, количество которых зависит от режима освещения. Если световой режим недостаточный, листочков образуется больше и они крупнее, тем самым компенсируя недостаток листовой поверхности. При высоком уровне освещенности листочков образуется мало, вплоть до едва заметных невооруженному глазу уплощения усиков, при этом сокращаются затраты энергии растения на образование излишней вегетативной массы и целеустремляется на формирования семенной продуктивности. Кроме того, количество и размеры листочков, образующихся на усатом листе, зависит от яруса. В средней зоне растений, листочков меньше, в прикорневой и генеративной – больше. Благодаря такому свойству, растения этой формы легко приспосабливаются к различным зонам освещения, способны занимать широкие ареалы и формировать, при этом, высокую семенную продуктивность, сохраняя повышенную устойчивость к полеганию.

В результате фенотипического изучения новых сортов усатолисточковой формы, нами отмечена сортоспецифичность облиственности, т.е. у различных сортов в одинаковых условиях количество листочков может существенно различаться. Так, в наших опытах образование видимых глазу листочков на листьях с 8-го по 10-й вегетативный узел в 2020...2023 гг. у растений сорта Спартак происходило на 3...16% растений, у сорта Ягуар – на 97...100% растений. Форма и размер листьев на тех же вегетативных узлах в зависимости от сорта существенно различались. У сорта Спартак листочки имели неправильную форму ближе к ромбической и ширину 3...5 мм, у сорта Ягуар – неправильную, ближе к округлой и ширину 5...15 мм. За этот же период на исследуемых образцах было отмечено, что усатые листья усатых и усатолисточковых сортообразцов имеют различную морфологическую

структуру. При рассмотрении под микроскопом при 40 – кратном увеличении, установлено, что лист усатой формы гороха имеет округлую форму усиков от начала до окончания, усатые листья хамелеонов имеют уплощенные окончания нескольких усиков сложного листа с бороздкой в центре и короткими ответвлениями в виде листовых чешуек на конце. Все исследованные нами листья усатолисточковой формы, воспринимаемые глазом как «усатые», при рассмотрении под микроскопом обнаруживали рудименты листочков.

Заключение

Усатолисточковая форма гороха хамелеон открыла колоссальные возможности по ее использованию в селекции. Благодаря этой форме уже происходит прорыв в области продуктивности новых сортов, таких как Спартак и Ягуар, и потенциал еще не исчерпан. Сорта новой формы на практике демонстрируют повышенный биоэнергетический уровень. Усатолисточковая форма листа в сочетании с особенностью изменчивости облиственности в зависимости от яруса растения, наделяет новые сорта повышенным потенциалом продуктивности в сочетании с устойчивостью к полеганию. В течение вегетации усатолисточковых растений, листочки формируются там, где они необходимы и редуцируются там, где они не нужны, реагируя на световой режим. В дальнейшей перспективе селекционной работы с данной формой важно достичь максимального баланса по ярусной гетерофиллии, поскольку, у различных сортов она не однозначна.

Литература

1. Зеленев А.Н., Кондыков И.В., Уваров В.Н. Орловский антропогенный генцентр гороха // 110 лет Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции. Сб. научно-иссл. работ. – Орёл: Картуш. – 2006. – С. 46-57.
2. Задорин А.М., Уваров В.Н., Зеленев А.Н., Зеленев А.А. Перспективные морфотипы гороха // Земледелие. – 2014. – № 4. – С. 24-25.
3. Бобков С.В., Башкирова К.А. Содержание фотосинтетических пигментов в различных органах растений дикого и культурного гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 4 (40). – С. 15-23. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-15-23
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2022. – 646 с.
5. Zelenov A.N., Zadorin A.M. and Zelenov A.A. Advantages and economic efficiency of cultivation of pea varieties of morphotype chameleon // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012107 DOI:10.1088/1755-1315/650/1/012107
6. Зеленев А.Н., Задорин А.М., Зеленев А.А. Первые результаты создания сортов гороха морфотипа хамелеон // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 10-17.

References

1. Zelenov A.N., Kondykov I.V., Uvarov V.N. Oryol anthropogenic pea genocenter// 110 years of Shatilovskaya agricultural experimental station. Collection of scientific and research works. – Orel: Kartush Publ., 2006. – Pp. 46-57. (In Russian)
2. Zadorin A.M., Uvarov V.N., Zelenov A.N., Zelenov A.A. Promising pea morphotypes// *Zemledelie*. – 2014. – no. 4. – Pp. 24-25. (In Russian)
3. Bobkov S.V., Bashkirova K.A. Content of photosynthetic pigments in different organs of wild and cultivated pea plants // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021. – no.4 (40). – Pp. 15-23. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-15-23 (In Russian)
4. The State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. «Plant Varieties» (official edition). – Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2022. – 646 p. (In Russian)
5. Zelenov A.N., Zadorin A.M. and Zelenov A.A. Advantages and economic efficiency of cultivation of pea varieties of morphotype chameleon // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012107 DOI:10.1088/1755-1315/650/1/012107
6. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A. First results of the development of chameleon morphotype pea varieties // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. – 2018. – no. 2 (26). – Pp.10-17. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-19-27

УДК 635.655:631.52

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ СОИ НА АДЛЕРСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР В 2019-2021 ГГ.

И.В. СЕФЕРОВА, кандидат биологических наук, ORCID ID 0000-0003-3308-9198

E-mail: i.seferova@vir.nw.ru

А.П. БОЙКО*, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-1510-8546

E-mail: aos.vir@mail.ru

ФИЦ «ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА» (ВИР), Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

*АДЛЕРСКАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ ВИР, ФИЛИАЛ ВИР, Г. СОЧИ

Задачей исследования было изучение образцов сои коллекции ВИР, ранее не изученных по данному набору признаков. Изучено 460 образцов различного происхождения. Работу выполняли согласно Методическим указаниям ВИР. Образцы оценены по массе семян с одного растения, продолжительности периодов всходы-созревание и всходы-цветение, длине главного побега, высоте прикрепления нижнего боба, типу роста, размеру и форме среднего листочка тройчатого листа, основной окраске кожуры семени, окраске рубчика семени и наличию глазка на рубчике, массе 1000 семян. Проведено сравнение значений признаков в группах образцов с разной продолжительностью периода всходы-созревание. Проанализирована потенциальная полезность образцов для селекции сои по различным направлениям использования – зерновому, овощному и кормовому. Полное описание изученных образцов опубликовано в выпуске 939 Каталога мировой коллекции ВИР в 2022 г.

Ключевые слова: соя, коллекция ВИР, изменчивость признаков, семенная продуктивность, вегетационный период.

Для цитирования: Сеферова И.В., Бойко А.П. Результаты изучения образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2019-2021 гг. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):19-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-19-27

RESULTS OF TESTING OF SOYBEAN'S ACCESSIONS AT ADLER VIR EXPERIMENTAL STATION IN 2019-2021

I.V. Seferova, A.P. Boyko*

THE N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES (VIR),
ST. PETERSBURG, RUSSIA

*ADLER VIR EXPERIMENTAL STATION, SOCHI, RUSSIA

Abstract: *We tested soybeans accessions of VIR collection. Earlier these accessions were not tested in detail at experimental stations of VIR. We carried out work at the Black Sea coast of the Caucasus. We tested 460 soybeans accessions of various geographic origins. We tested accessions for: duration of period emergence – maturity, duration of period emergence – flowering, seeds productive, plant height, height of the lowest pod setting, type of habitus, leaflet shape and size, flower color, seed coat color, hilum color, eye on seed hilum, 1000 seed weight. The values of traits in groups of specimens with different duration of emergence - maturity period were compared. The potential usefulness of accessions for soybean breeding for various uses – grain, vegetable and fodder – was analyzed. Full-scale characterization of the material was published in 2022 Catalogue of the VIR Global Collection, issue 939.*

Keywords: soybeans, VIR collection, variability of characters, seeds productivity, period of vegetation.

Введение

Коллекция сои в ВИР содержит 7600 образцов, происходящих из 72 стран мира. Из них 7200 являются образцами культурной сои – *Glycine max* (L.) Merr., а остальные являются дикими видами. Образцы коллекции проходят изучение на опытных станциях ВИР, что позволяет ориентироваться в составе коллекции и подбирать материал для более углубленных исследований и селекционного использования. Начиная с 1972 по 2020 гг. в ВИРе было опубликовано 18 каталогов, содержащих информацию о 5500 образцах коллекции сои. В настоящее исследование было включено 460 образцов, 215 из которых не были ранее описаны в издаваемых ВИР каталогах, а остальные 245 были ранее описаны в каталогах, но по меньшему числу признаков. Излучавшиеся повторно образцы относятся к скороспелой и ультраскороспелой группе. Характеристики всех изученных образцов опубликованы в выпуске 939 «Каталога мировой коллекции ВИР» (2022).

Согласно Государственного реестра селекционных достижений (2023), район Адлерской опытной станции ВИР относится к Северо-Кавказскому региону, в котором находятся значительные производственные площади сои. Благодаря расположению станции на южной границе региона, на ней имеются условия для изучения не только скороспелых и среднеспелых, но и позднеспелых образцов.

Материалы и методы

В течение трех лет (2019-2021 гг.) было изучено 460 образцов культурной сои, происходящих из 30 стран и поступивших в коллекцию ВИР с 1929 по 2016 гг. Больше всего в наборе было сортов и образцов из России (108 шт.). Полевое изучение проводилось на Адлерской опытной станции ВИР на Черноморском побережье Кавказа на широте 43°26'. Изучение проводилось в соответствии с изданием «Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания» (Вишнякова и др., 2018). Посев образцов сои выполняли в первой декаде мая по схеме 70 x 10 см, уборку осуществляли по мере созревания образцов. Для наиболее позднеспелых образцов применялось послеуборочное досушивание в снопах.

В 2019, 2020 и 2021 гг. значения среднемесячной температуры воздуха (°C) были, по месяцам: V – 18.6, 16.5, 16.9; VI – 24.2, 22.8, 20.2; VII – 22.4, 25.1, 24.7; VIII – 24.1, 24.3, 25.1; IX – 20.1, 23.8, 18.7; X – 17.5, 19.5, 14.9; XI – 14.0, 11.0, 13.1, а месячные суммы осадков составляли (мм): V – 86, 99, 86; VI – 86, 25, 140; VII – 162, 84, 158; VIII – 165, 9, 175; IX – 103, 30, 82; X – 100, 105, 131; XI – 116, 78, 152. Данные приведены по метеостанции № 37099 города Сочи по сайту «Погода и климат» (www.pogodaiklimat.ru, дата обращения 03.08.2023).

При анализе результатов и их связей использовались средние значения полученных за три года показателей, сгруппированные по интервалам, рекомендуемым в «Международном классификаторе СЭВ рода *Glycine* Willd.» (Щелко и др., 1990). Расчеты и графики выполнялись в программе Excel 2016. Для создания иллюстраций использовано два типа графиков: столбчатая гистограмма и диаграмма размаха («ящик с усами»).

Результаты

Образцы были оценены по массе семян с одного растения (семенной продуктивности), продолжительности периодов всходы-созревание и всходы-цветение, длине главного побега, высоте прикрепления нижнего боба, типу роста, размеру и форме среднего листочка тройчатого листа, основной окраске кожуры семени, окраске рубчика семени и наличию глазка на рубчике, массе 1000 семян.

Продолжительность периода всходы – созревание, по средним за 3 года значениям, варьировала от 81-90 до 141-150 дней. Продолжительность данного периода рассматривалась как очень короткая при ее продолжительности в 81-90 дней, короткая при 91-110 дней, средняя при 111-130 дней, длинная при 131-150 дней [5]. За 81-90 дней созрели 219 образцов, за 91-110 дней – 144, за 111-130 дней – 62 и за 131-150 дней – 35 образцов (рис. 1).

Наибольшую скороспелость образцы имели в 2020 г, что может быть связано с меньшим количеством осадков в летние месяцы. Наибольшую скороспелость (73-75 дней) в 2020 г показали образцы '843-20-1', 'Fiskeby V', 'Szwedzka 4/75', '1220-118-23' (из Швеции), 'Нордик 5', 'Нордик-13', '1029/2', 'Milvus', '99/2011 MA', '108/2011 MA' (из Польши),

‘Halosoy’ (из Бельгии), ‘Дун-нун 36’ (из Китая), ‘Аннушка’ (из Украины). Из российских образцов выделились сорта ‘Омская 3’ (из Омской области), ‘Соер-5’ (из Саратовской области), ‘Алтом’ (из Алтайского края), ‘Мадева’, ‘Чера 1’ (из Чувашской республика), ‘Касатка’, ‘Малета’ (из Рязанской области), а также линии ‘ПЭП 2’, ‘ПЭП 7’, ‘ПЭП 17’, ‘ПЭП 18’ (из Ленинградской области) и ‘М-70’, ‘М-37’, ‘М-140’ (из Московской области).

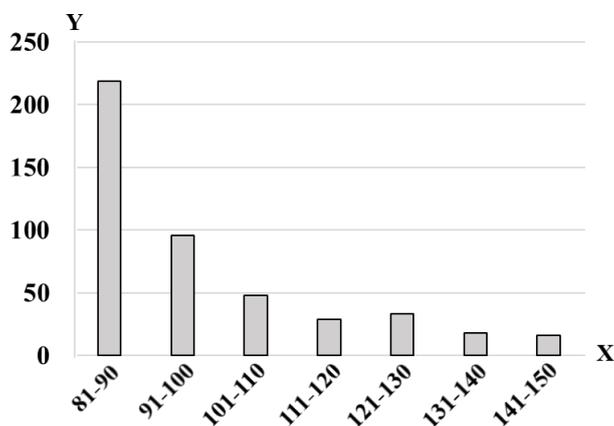


Рис. 1. Число образцов с различной продолжительностью периода всходы – созревание (Адлерская ОС ВИР, 2019–2021 гг.). Обозначения осей: X – продолжительность периода всходы–созревание (дни), Y – число образцов

Продолжительность периода всходы-цветение в выборке варьировала от очень короткой (<31 дня) до длинной (71-80 дней). У большей части образцов более позднее начало созревания соответствовало более позднему цветению (рис. 2). Коэффициент корреляции (r) продолжительности периодов всходы-цветение и всходы-созревание составлял 0,68. Но у некоторых среднеспелых и позднеспелых образцов наблюдалось раннее начало цветения, и, соответственно, большая чем у других образцов, продолжительность периода цветение-созревание. Самая большая продолжительность периода начало цветения-созревание (больше 110 дней) была у двух позднеспелых образцов ‘0550’ (из Канады) и ‘Reaz 20/46 3998’ (из Алжира).

Семенная продуктивность (масса семян с одного растения) была очень малой и малой у большей части изученных образцов (рис. 2). В большей части групп образцов, выделенных по срокам созревания, максимальная продуктивность составляла 14,0-17,9 г. Только у двух образцов, созревавших за 131-140 дней, продуктивность была существенно большей (22,0-29,9 г).

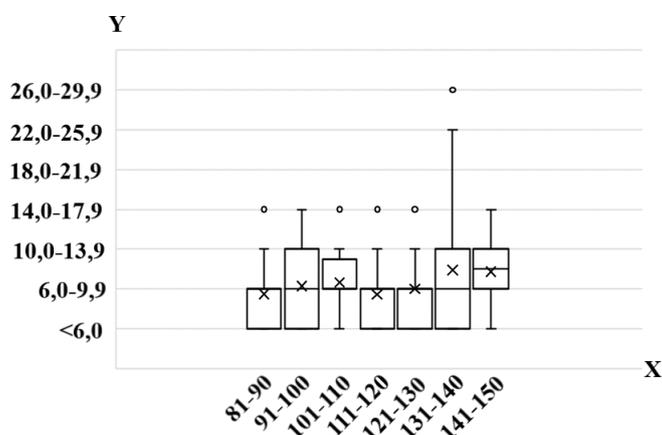


Рис. 2. Размах изменчивости массы семян с одного растения при разной продолжительности периода всходы-созревание (Адлерская ОС ВИР, 2019-2021 гг.). Обозначения осей: X – продолжительность периода всходы-созревание (дни), Y – масса семян с одного растения (г)

В группе самых скороспелых образцов семенная продуктивность достигла 14,0–17,9 г только у 8 образцов: ‘Vielnska Brunatna’ (из Венгрии), к-9127 (из Германии), к-7126 (из Канады), к-9429 и ‘Wavsrowsta’ (из Польши), ‘Wayne L69-4124’ (из США), ‘N 22-83’ (из Украины), ‘Соер-3’ (из Саратовской обл.). Из скороспелых, продуктивность в 14,0-17,9 г показали 13 образцов: ‘Ольса’ (из Беларуси), ‘22-27’ и ‘0189’ (из Канады), ‘Нордик 3’ (из Польши), ‘Piava’ и ‘Adepta’ (из Чехословакии), ‘882-27’ и ‘Fiskeby’ (из Швеции), ‘52-31(S)’ и ‘0520’ ‘Maple Donovan’ (из Канады), ‘Добруджанка 647’ (из Молдовы), ‘Galbena de Platt’ (из Румынии). В среднеспелой группе образцов продуктивность в 14,0-17,9 г имели три образца: ‘Ichigou Wase’ (из Японии), ‘R.S. no.290’ и ‘R.S. no.15’ (из Китая). В позднеспелой группе образцов, созревающих за 131-140 дней, четыре имели продуктивность в 14,0-17,9 г: к-1059 (из Китая), ‘Franklin’ (из США), ‘0550’ (из Канады) и к-7013 (из Филиппин). Более высокую продуктивность в 26,0-29,9 г имели два образца: ‘Matsuba Daizu’ (из Японии) и ‘Пламя (НДММ 0,04%)’ (из Краснодарского края).

Корреляция продолжительности вегетации и семенной продуктивности была очень низкой ($r=0,14$), а в наибольшей степени продуктивность была связана с длиной главного побега ($r=0,25$).

Длина главного побега у разных образцов была как меньше 30 см, так и достигала интервала 91-110 см. Средние значения длины главного побега, для групп образцов с различной продолжительностью вегетации, были больше у позднеспелых образцов (рис. 3). Самые низкорослые образцы встречались только в скороспелой группе, а самые высокорослые – в среднеспелой и позднеспелой группах. Коэффициент корреляции длины главного побега и продолжительности периода всходы–созревание (r) равнялся 0,69.

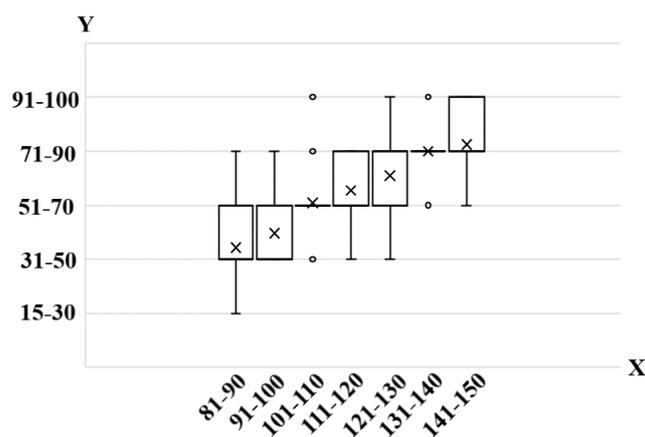


Рис. 3. Размах изменчивости длины главного побега при разной продолжительности периода всходы-созревание (Адлерская ОС ВИР, 2019-2021 гг.). Обозначения осей: X – продолжительность периода всходы-созревание (дни), Y – длина главного побега (см)

Среди наиболее скороспелых образцов (созревающих за 81-90 дней) большая часть была низкорослой, а самую большую длину главного побега в 71-90 см имели три образца: ‘Primanordia’ (из Польши), ‘Хабаровская 01’ и ‘Амурская 283’. При сроках вегетации 91-110 дней такую длину главного побега имели образцы ‘ВНИИМК 9186 (НММ 0,02%)’ (из Краснодарского края), ‘БМ 143’ (из Белгородской области), ‘В-1 4099/68’ (из Германии), ‘0132’ и ‘0520’ (из Канады), ‘Дачнянская 1’ (из Украины). Более высоким (91-110 см) был образец ‘Nordia 1’ (из Польши), созревший за 101-110 дней. Образцы со средней продолжительностью периода всходы-созревание (111-130 дней) имели длину главного побега от 51-70 до 71-90. Более высокорослыми были 28 образцов. У позднеспелых образцов длина главного побега, варьировала от 51-70 см до 91-110 см.

Тип роста растений (габитус) у большей части образцов был кустовым (сжатым, полусжатым, канделябробразным и раскидистым). Только один образец ‘Piava’ (из Чехословакии) имел стелющийся тип роста. В условиях изучения отсутствием боковых побегов выделились 5 ультраскороспелых образцов: ‘Mutante: Stamm 54/145 M4855/74’ (из

Германии), ‘РАН – 288’ (из Польши), ‘Соер-5’ (из Саратовской области), ‘ПЭП 26’ и ‘ПЭП 27’ (из Ленинградской области). Эти же образцы, выращенные в условиях Ленинградской области, имели развитые боковые побеги.

Высота прикрепления нижнего боба у 453 образцов была ниже 8 см. Несколько большую (8,1-12 см) высоту прикрепления нижнего боба имели 7 образцов, в том числе ультраскороспелые ‘Соер-4’ (из Саратовской области) и ‘Дун-нун 36’ (из Китая), скороспелые ‘0080’ и ‘0132’ (из Канады), ‘Feng shou 10’ (из Китая), ‘133/2011 MN’ (из Польши) и среднеспелый образец ‘S-09-90’ (из США).

Величина и форма среднего листочка оценивались на листьях среднего яруса. Мелкие листочки (с длиной 5,1-8,0 см) были у 48 образцов, средние (8,1-11,0 см) у 378, крупные (11,1-14,0 см) у 33 и очень крупные (>14,0 см) у одного образца. Листочки средней длины преобладали во всех группах, выделенных по продолжительности периода всходы-созревание. Мелкие листочки имелись только у скороспелых и среднеспелых образцов. Среди позднеспелых образцов не было форм с мелкими листочками, а доля образцов с крупными листочками была больше, чем среди остальных образцов (рис. 4). Единственный образец с очень крупными листочками к-6876 (из Филиппин), относится к самым позднеспелым, из изученных образцов. Размер листочка имеет слабую положительную связь с продолжительностью периодов всходы-цветение ($r=0,22$) и всходы-созревание ($r=0,26$).

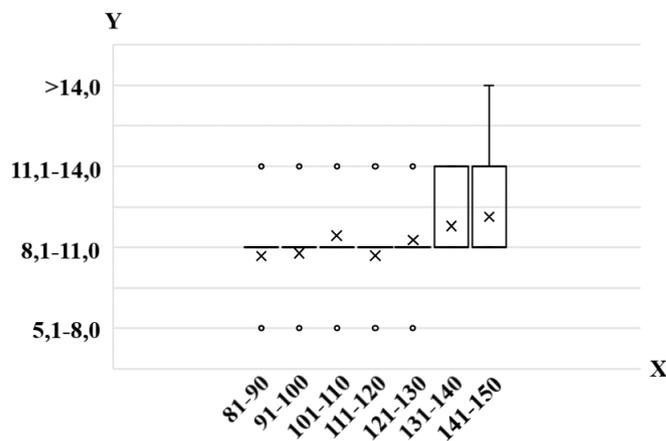


Рис. 4. Размах изменчивости длины среднего листочка при разной продолжительности периода всходы-созревание (Адлерская ОС ВИР, 2019-2021 гг.).

Условные обозначения: ось X – продолжительность периода всходы-созревание (дни), ось Y – длина среднего листочка (см)

По форме средние листочки варьировали от копьевидных до широкояйцевидных. Копьевидные листочки были у 12 образцов, яйцевидно-копьевидные у 236 образцов, яйцевидные у 207, широкояйцевидные у 5 образцов.

Масса 1000 семян варьировала от малой, до очень большой, превышающей 250 г (рис. 5). Самую малую массу 1000 семян (71-100 г) имели 6 образцов, малую (101-130 г) – 36, среднюю (131-190 г) – 267, большую (191-250 г) – 140. Очень большая масса 1000 семян (>250 г) была у 11 образцов. Связь массы 1000 семян и массы семян с одного растения практически отсутствовала ($r = 0,11$), и при любой крупности семян выявлялись образцы с различной продуктивностью. Связи крупности семян и продолжительности периода всходы-созревание практически не было ($r=0,17$), но можно отметить, что самые мелкие семена были выявлены только у скороспелых образцов.

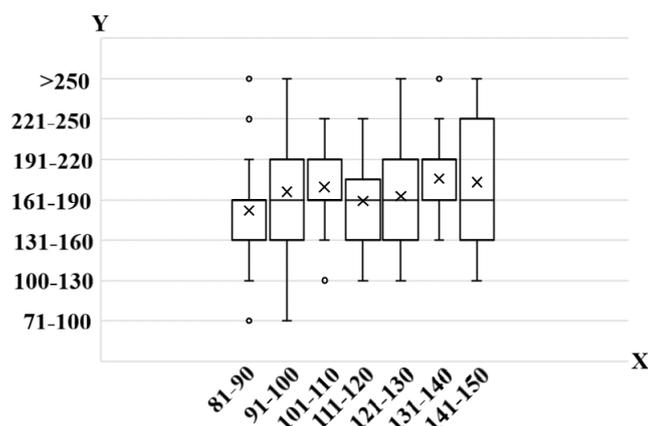


Рис. 5. Размах изменчивости массы 1000 семян при разной продолжительности периода всходы-созревание (Адлерская ОС ВИР, 2019-2021 гг.). Условные обозначения: ось X – продолжительность периода всходы–созревание (дни), ось Y – масса 1000 семян (г)

По **окраске семян** в наборе присутствовали все варианты, характерные для сои. Большая часть образцов имели желтую окраску семенной кожуры, обычную для сои зернового направления использования. Зеленую семенную кожуру имели 6 образцов, коричневую – 27 и черную – 4 образца. У части сортов при созревании сохранялся зеленоватый оттенок светлой семенной кожуры.

Окраска рубчика семени. В наборе имелись все варианты этого признака: белая, желтая, коричневая, серая и черная окраски.

Глазок на рубчике у всех семян наблюдался у 81 образца и еще у 46 образцов наблюдалось варьирование по этому признаку.

По **окраске венчика** образцы имели обычные для сои варианты – белую и фиолетовую. Выявлена связь окраски цветка с окраской семенной кожуры. При желтой кожуре венчики были как белые, так и фиолетовые. При зеленой и черной семенной кожуре окраска венчика была только фиолетовой, а при коричневой – преимущественно белой. С остальными признаками окраска венчика связи не имела.

Обсуждение

Для сои, как для зерновой культуры главной характеристикой сортов является возможность получения урожая семян, поэтому все остальные признаки сопоставляются с выявленной продуктивностью. Одной из главных характеристик сорта, определяющая возможность его возделывания, является продолжительность периода всходы-созревание. Изучавшиеся ультраскороспелые сорта, являются, в основном, селекционными сортами и селекционным материалом, созданным севернее места изучения. Эти сорта адаптированы к большей продолжительности светового дня и меньшим температурам. Это определило то, что в условиях Адлерской опытной станции они очень быстро переходили к созреванию, имели малую высоту и малую семенную продуктивность. Такие ультраскороспелые сорта и образцы могут рассматриваться как исходный материал для создания новых сортов для расширения ареала возделывания сои к северу. Скороспелые сорта необходимы и для южных регионов для создания конвейера сортов с разными сроками уборки и для повторных летних посевов. Относительно высокую продуктивность в 14,0-17,9 г имел 21 скороспелый образец.

Для основной массы зерновых сортов сои для южных регионов России желательна продолжительность периода всходы-созревание до 120-130 дней [1]. Среди таких образцов со средней продолжительностью вегетации интерес могут вызывать образцы, обладающие другими ценными для селекции признаками. Более высокую продуктивность при данных сроках созревания имели 3 образца. Среди позднеспелых образцов, вызревавших на Адлерской опытной станции, были выявлены два самых высокопродуктивных из изученных образцов (26,0-29,9 г).

Высота растений сои положительно связана с продуктивностью, но наиболее высокорослые сорта могут проявлять склонность к полеганию. Скороспелые сорта, в целом, имеют меньшую высоту, чем позднеспелые. Поэтому среди скороспелых образцов могут представлять интерес имеющие большую длину главного побега.

Высота прикрепления нижнего боба – важный хозяйственный признак. Для осуществления без потерь механизированной уборки желательное расположение нижнего боба выше 12 см. Практически все изученные образцы не отвечали этому требованию. Большее чем у других образцов среднее значение этого признака было у 6 скороспелых образцов и у одного среднеспелого образца.

Не крупные листочки могут быть полезны для сортов, выращиваемых в засушливых условиях [2], так как они имеют меньший расход влаги на транспирацию и обеспечивают более интенсивный фотосинтез, благодаря меньшему взаимному затенению. Такие листочки, не более 11 см длиной, были у 426 из 460 изученных образцов. Из них относительно высокая семенная продуктивность (14,0-17,9 г) была выявлена у 25 образцов, с разными сроками созревания, а продуктивностью 26,0-29,9 г только у одного позднеспелого образца ‘Пламя (НДММ 0,04%)’.

Не крупные листочки и тонкие побеги являются предпочтительными для «сенной сои», что отмечалось уже в давней публикации «Soybean production for hay and beans» (Morse, Cartter, Hartwig, 1950). Это определяется тем, что при уборке на сено такая соя легче просушивается. Для кормовых сортов, кроме способности формировать большую зеленую массу, желательны не крупные семена, что позволяет снижать затраты на хранение и транспортировку посевного материала. Продуктивность зеленой массы в нашем исследовании не учитывалась, но можно предположить, что большую зеленую массу формируют не самые скороспелые образцы. Среди среднеспелых образцов не крупные семена имели ‘ВНИИМК 9186 (НЭМ 0,04%)’ (из Краснодарского края) и ‘Sako 25-26’ (из Японии), а среди позднеспелых ‘Kindaizu’ (из Японии).

Для кормового использования сою убирают не только на сено, но и на силос и зеленый корм [3]. На силос сою убирают в стадии налива бобов и требования к сортам близки к требованиям к сортам зернового направления использования. На зеленый корм, рекомендуются формы с детерминантным ростом, большим числом узлов на побегах и с крупными листьями. Такому типу могут соответствовать низкорослые крупнолистные образцы сои. Длину листа 11,1-14,0 см и длину главного побега 31-70 см имели 15 образцов. Среди них можно назвать очень скороспелый ‘Gessener’ (из Югославии), скороспелый ‘Кэшуан’ (из Китая), среднеспелый ‘Приморская 1019’ и позднеспелый ‘Shirome’ (из Японии).

Известно, что образцы культурной сои с узкими листочками, по сравнению с образцами с широкими листочками, имеют более длинные бобы с большим числом семян в каждом бобе [4]. В нашем исследовании образцов с узкокопьевидными (самыми узкими) листочками не было выявлено. Среди образцов с копьевидными листочками были образцы как с мелкими, так и с крупными семенами. Самые крупные семена (191-220 г) были у двух скороспелых образцов ‘0460’ (из Канады) и ‘Feng shou 10’ (из Китая). Более высокую продуктивность имел образец с копьевидными листочками к-7126 (из Канады).

Для овощного использования получают популярность проростки семян сои. Для такого использования предпочтительны сорта с мелкими семенами и светлой семенной кожурой [5]. Такие семена были у 6 скороспелых образцов: ‘Чера 1’ (из Чувашской республики), ‘Аннушка’ (из Украины), ‘Gokuwase Nayabusa Edamame’ (из Японии), ‘99/2011 MA’, ‘108/2011 MA’, ‘119/2011 MN’ (из Польши). Продуктивность этих образцов была низкой.

Для использования как овощного продукта не полностью вызревших семян сои представляют интерес крупносемянные образцы [6]. Для овощных сортов предпочтение часто отдается формам с зеленой семенной кожурой. Примером таких сортов является сорт ‘Taste’ (из США).

Семена среднего размера обычны для производственных сортов зернового направления и наблюдаются у образцов любых групп спелости [7]. В изучаемом наборе, такая крупность

семян была у половины образцов. Из них можно подбирать образцы сочетающие средний размер семян с другими желательными признаками.

В последние десятилетия появился интерес к сое с темной (коричневой и черной) семенной кожурой, как к продукту оздоровительного питания [8]. В этом отношении наибольшее внимание уделяется содержащимся в ней полифенолам, проявляющим антиоксидантную активность. Соя содержит большое количество различных полифенолов, и в семенах с темной семенной кожурой их содержание в 1,5-2 раза выше, чем в семенах со светлой кожурой [9]. Из полифенолов в темной семенной кожуре в значительном количестве содержатся, прежде всего, антоцианы. Именно большим содержанием антоцианов соя с черной семенной кожурой существенно отличается от сортов сои со светлыми семенами, а по содержанию других соединений, проявляющих антиоксидантную активность, не выявлено явных различий между сортами с разной окраской семенной кожуры [10]. В изученном наборе имелось 4 образца с черной семенной кожурой: скороспелый образец ‘Амурская черная 116’ и среднеспелые образцы ‘Комжон-кон’ (из Южной Кореи), ‘Murzynka’ (из Польши), ‘Cleistogama’ (из Венгрии). Продуктивность этих образцов была низкой. Коричневую семенную кожуру имели 26 скороспелых образцов. Из них большую продуктивность (14,0–17,9 г) имели четыре образца: ‘Wayne L69-4124’ (из США), к-9429 (из Польши) и ‘Vielnska Brunatna’ (из Венгрии) и ‘Добруджанка 647’ (из Молдовы).

Для производства продуктов питания предпочтительно использовать сорта сои со светлой окраской семенной кожуры, без пигментации и со светлым рубчиком. Это позволяет получать как соевое молоко, так и соевое масло более высокого качества с меньшими затратами [11]. Одновременно светлая кожура и не окрашенный рубчик наблюдались у 25 образцов. Из них более продуктивным был скороспелый образец из Канады (к-7126). Светлая окраска рубчика часто является варьирующим признаком, и если в одной репродукции рубчик оказывается светлым, то в другой на нем может проявляться пигментация.

Наличие глазка на рубчике семени связано с плотным прикреплением семян к семяножке, что способствует неосыпаемости семян при созревании и считается желательным признаком для селекционных сортов [12]. Из образцов с глазком на рубчике большую продуктивность (14,0-17,9 г) имели три скороспелых образца: ‘52-31(S)’ (из Канады), ‘Добруджанка 647’ (из Молдовы), ‘Соер-3’ (из Саратовской области). Последний отличался коричневой окраской семенной кожуры.

Заключение

Проведенное на Адлерской опытной станции ВИР в течение 2019–2021 гг. изучение 460 образцов сои из коллекции ВИР, позволило охарактеризовать материал по основным хозяйственно ценным и биологическим признакам и пополнило оценочные данные коллекции. Длительный период поступления образцов в коллекцию (с 1929 по 2016 гг.) и разнообразие географического происхождения обусловили большую изменчивость признаков. Проведен анализ зависимости проявления хозяйственно полезных признаков от продолжительности вегетации. Выполнена структуризация материала по значению селекционных признаков, и выделены образцы, обладающие предпочтительными признаками для сортов, различного направления использования – зернового, овощного и кормового. Выявлена положительная связь семенной продуктивности и длины главного побега и отсутствие сильных связей между семенной продуктивностью и остальными признаками. Полученные результаты дают возможность более эффективно включать образцы в научное и селекционное использование.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану НИР по теме № FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

Литература

1. Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения// Масличные культуры. – 2016. – № 2 (166). – С. 3–11.
2. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В. Селекционные пути оптимизации структуры листового аппарата сои в засушливых регионах // Масличные культуры. – 2021. – № 2 (186). – С. 24–30. DOI: 10.25230/2412-608X-2021-2-186-24-30
3. Бурляева М.О., Малышев Л.Л., Вишнякова М.А. Признаки-индикаторы для классификации кормовых сортов сои по целевому использованию (сенное, силосное, зеленоукусное) // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 4. – С. 27–30.
4. Dinkins R.D., Keim K.R., Farno L., Edwards L.H. Expression of the narrow leaflet gene for yield and agronomic traits in soybean// J Hered. – 2002. – Vol. 93, iss. 5. – P. 346-351. DOI: 10.1093/jhered/93.5.346.
5. Ghani M., Kulkarni K.P., Song J.T., Shannon J.G., Lee J.-D. Soybean Sprouts: A review of nutrient composition, health benefits and genetic variation// Plant Breeding and Biotechnology. –2016. – 4. – P. 398-412. DOI: 10.9787/PBB.2016.4.4.398
6. Вишнякова М.А., Булынец С.В., Бурляева М.О., Буравцева Т.В., Егорова Г.П., Семенова Е.В., Сеферова И.В. Исходный материал для селекции овощных бобовых культур в коллекции ВИР // Овощи России. – 2013. – № 1 (18). – С. 16–25.
7. Петибская В.С., Кучеренко Л.А., Зеленцов С.В. Использование сортового разнообразия семян сои для увеличения арсенала пищевых и функциональных продуктов// Масличные культуры. – 2006. – № 2 (135). – С. 115–121.
8. Yamashita Y, Sakakibara H, Toda T, Ashida H. Insights into the potential benefits of black soybean (*Glycine max* L.) polyphenols in lifestyle diseases// Food Funct. – 2020 – Vol. 11, iss. 9. – P. 7321–7339. DOI: 10.1039/d0fo01092h.
9. Malenčić D, Cvejić J, Miladinović J. Polyphenol content and antioxidant properties of colored soybean seeds from central Europe// J Med Food. – 2012. – Vol. 15, no 1. – P.89–95. DOI: 10.1089/jmf.2010.0329.
10. Ganesan K., Xu B. A critical review on polyphenols and health benefits of black soybeans// Nutrients. – 2017. – Vol. 9, iss. 5. – 455 p. DOI: 10.3390/nu9050455
11. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование. – Краснодар, 2012. – 432 с.
12. Дидоренко С.В., Сагит И., Абилдаева Ж.Б., Касенов Р.Ж., Далибаева А.М. Создание неосыпающихся линий сои в условиях юго-востока Казахстана// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1 (41). – С. 21–29. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-21-29

References

1. Zaytsev N.I., Bochkaryov N.I., Zelentsov S.V. Prospects and directions for soybean breeding in Russia under implementation conditions of the national strategy of import substitution. *Oil Crops*, 2016; no 2 (166), pp. 3–11. (In Russian).
2. Rosenzweig V.E., Goloenko D.V. Breeding strategies for soybean canopy structure optimization in dry regions. *Maslichnye kul'tury*, 2021, no 2 (186), pp. 24–30. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2021-2-186-24-30
3. Burlyayeva M.O., Malyshev L.L., Vishnyakova M.A. Traits-indicators for classification of forage soybean varieties on the proper use (for hay, silage and green fodder). *Russian Agricultural Sciences*, 2014, no 4, pp. 27–30. (In Russian).
4. Dinkins R.D., Keim K.R., Farno L., Edwards L.H. Expression of the narrow leaflet gene for yield and agronomic traits in soybean. *J Hered*, 2002, no 93(5), pp. 346–351. DOI: 10.1093/jhered/93.5.346
5. Ghani M., Kulkarni K.P., Song J.T., Shannon J.G., Lee J.-D. Soybean Sprouts: A Review of Nutrient Composition, Health Benefits and Genetic Variation. *Plant Breeding and Biotechnology*, 2016, no 4, pp. 398–412. DOI: 10.9787/PBB.2016.4.4.398
6. Vishnyakova M.A., Bulintsev S.V., Burlyayeva M.O., Buravtseva T.V., Egorova G.P.I, Semenova E.V., Seferova I.V. The initial material for grain legumes breeding in the collection of VIR. *Ovoshchi Rossii – Vegetable crops of Russia*, 2013. no 1 (18), pp. 16-25.
7. Petibskaya V.S., Kucherenko L.A., Zelentsov S.V. Use of variety's diversity in soybean seeds for increase an arsenal of food and functional products. *Maslichnye kul'tury*, 2006, no 2 (135), pp. 115-121. (In Russian).
8. Yamashita Y., Sakakibara H., Toda T., Ashida H. Insights into the potential benefits of black soybean (*Glycine max* L.) polyphenols in lifestyle diseases. *Food Funct.* 2020, no 11(9), pp. 7321–7339. DOI: 10.1039/d0fo01092h
9. Malenčić D, Cvejić J, Miladinović J. Polyphenol content and antioxidant properties of colored soybean seeds from central Europe. *J Med Food*. 2012, no 15(1), pp. 89-95. DOI: 10.1089/jmf.2010.0329
10. Ganesan K., Xu B. A Critical Review on Polyphenols and Health Benefits of Black Soybeans. *Nutrients*, 2017, no 9(5), p. 455. DOI: 10.3390/nu9050455
11. Petibskaya V.S. Soybean: chemical composition and usage. *Krasnodar*, 2012. 432 p. (In Russian).
12. Didorenko S.V., Sagit I., Abildaeva J.B., Kassenov R.Z, Dalibaeva A.M. Creation of non-shattering soybean lines of the south-east of Kazakhstan. *Legumes and groat crops*. 2022. № 1 (41), pp. 21–29. (In Russian). DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-21-29

ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА СОИ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Е.А. АТАКОВА, ORCID 0000-0003-3944-3530

А.В. КАЗАРИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-9535-7691

ПОВОЛЖСКИЙ НИИСС ИМЕНИ П.Н. КОНСТАНТИНОВА – ФИЛИАЛ САМАРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РАН

В статье представлены результаты оценки исходного материала сои по основным хозяйственно ценным признакам для целенаправленного использования в селекционном процессе. На базе Поволжского НИИСС имени П.Н. Константинова – филиала СамФНЦ РАН в 2019-2021 гг. было проведено изучение 112 сортообразцов сои различного эколого-географического происхождения. Большая часть коллекции была представлена образцами, которые относятся к группам спелости: скороспелые (91-100 суток) – 57,3%, от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) – 39,1%. Среднескороспелая группа была представлена 3,6% образцов. В результате исследований определена средняя положительная взаимосвязь ветвистости с продуктивностью ($r=0,57-0,67$). Во все годы изучения установлена сильная корреляционная зависимость признаков число бобов на растении с продуктивностью растений сои ($r=0,93-0,98$). Установлена сильная прямая зависимость между показателями масса семян с 1 растения и семенной продуктивностью ($r=0,93-0,98$). В результате изучения были отобраны образцы по комплексу признаков характеризующих технологичность, высокую продуктивность, повышенное содержание белка в семенах. Выделенные образцы с наиболее ценными свойствами могут привлекаться в качестве исходного материала для создания новых высокопродуктивных сортов сои для неорошаемых условий лесостепи Среднего Поволжья.

Ключевые слова: соя, исходный материал, селекция, признак, структура урожая, корреляция.

Для цитирования: Атакова Е.А., Казарина А.В. Изучение исходного материала сои в неорошаемых условиях Самарского Заволжья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):28-33. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-28-33

STUDY OF SOYBEAN SOURCE MATERIAL IN NON-IRRIGATED CONDITIONS OF THE SAMARA TRANS-VOLGA REGION

E.A. Atakova, A.V. Kazarina

P.N. KONSTANTINOV VOLGA RESEARCH INSTITUTE OF BREEDING AND SEED FARMING BRANCH SAMARA FEDERAL RESEARCH CENTER RAS, Kinel, Russia

Abstract: *This article presents the results of evaluation of soybean source material on the main economically valuable traits for purposeful use in the breeding process. The study of 112 soybean varieties of different ecological and geographical origin was carried out on the basis of the Konstantinov Volga Research Institute of Breeding and Seed Farming in 2019-2021. Most of the collection was represented by samples that belonged to ripeness groups: early ripe (91-100 days) - 57.3%, early to medium ripe (101 - 110 days) - 39.1%. The medium-ripening group was represented by 3.6% of samples. As a result of research, the average positive correlation of branching with productivity was determined ($r=0.57-0.67$). In all years of the study, a strong correlation between the number of beans per plant and productivity of soybean plants was established ($r=0.93-0.98$). A strong direct correlation between seed weight per plant and seed productivity ($r=0.93-0.98$) was*

established. As a result of the study, samples were selected according to a set of traits characterizing processability, high productivity, and increased protein content in seeds. The selected samples with the most valuable properties can be used as source material for the development of new high-yielding soybean varieties for rainfed conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region.

Keywords: soybean, source material, breeding, trait, yield structure, correlation.

Введение

Соя [*Glycine max* (L.) Merr.] является ценной и уникальной зернобобовой культурой, одной из наиболее востребованных масличных культур в мировом земледелии [1]. Семена сои отличаются повышенным содержанием высококачественного растительного белка - от 35 до 50%, содержание масла в семенах достигает 25-28%, кроме того семена содержат значительное количество углеводов, витаминов и других веществ, ценных для рациона питания человека и животных [2, 3]. Уникальный биохимический состав семян сои способствует постоянному высокому спросу, а широкий спектр направлений использования обуславливает активное расширение посевных площадей под данной культурой [4].

В настоящее время в Самарском Заволжье наблюдается значительный и стабильный прирост посевных площадей, занятых под посевами сои. Самарское Заволжье расположено в лесостепной зоне Среднего Поволжья, для которой характерна аридность климата, контрастность температур воздуха, неравномерное распределение осадков по месяцам. В таких контрастных природно-климатических условиях основной задачей селекции сои является создание сортов с высоким потенциалом урожайности в сочетании с адаптивностью и устойчивостью к стрессовым факторам среды [5, 6]. Успех селекционного процесса зависит от тщательного подбора исходного материала, идентификации генотипов по основным количественным признакам, влияющим на формирование продуктивности растений [7, 8].

Цель исследований – оценка исходного материала сои по основным хозяйственно ценным признакам для целенаправленного использования в селекционном процессе.

Материалы и методика исследований

Экспериментальные исследования проводились на базе Поволжского НИИСС имени П.Н. Константинова в 2019-2021 гг. В изучении находилось 112 сортообразцов сои различного эколого-географического происхождения, в качестве стандарта принят сорт сои Южанка, включенный в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендованный по Средневолжскому (7) региону. Почва опытного участка представлена черноземом типичным среднегумусным среднемощным среднеглинистого механического состава. Содержание гумуса – 5,7-6,9%. Обеспеченность подвижными формами фосфора в пахотном слое почвы – 133,6-156,5 мг/кг, обменного калия – 154,0-180,0 мг/кг, рН солевой вытяжки почвы – 4,5 ед.

Посев опытных делянок осуществлялся в оптимальные агротехнические сроки, без орошения. Закладка полевых опытов и проведение анализов выполнено в соответствии с методиками Б.А. Доспехова (1985 г.), Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019 г.) и Международного классификатора СЭВ рода *Glycine* Willd (1990 г.).

Содержание белка сои определяли методом Къельдаля (ГОСТ Р 32044.1-2012/ISO 5983-1:20050 с использованием автоматической системой UDK – 152).

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались большим диапазоном варьирования, что позволило всесторонне оценить изучаемый исходный материал сои.

Наибольшим количеством тепла характеризовался вегетационный период 2021 года, сумма активных температур за период вегетации сои (май-август) составила 2699,1°C, среднемноголетний показатель в регионе составляет 2223,0°C. В 2019 и 2020 годах сумма активных температур различалась не значительно – 2317,3°C и 2351,2°C соответственно, однако распределение температур по месяцам значительно отличалось. Годы изучения

характеризовались дефицитом увлажнения, сумма осадков за вегетационный период сои составила 110,6 (2019 г.), 130,5 (2020 г.), 111,4 (2021г.) мм, что составляет 60,4 – 71,3% от среднегодовой нормы. Гидротермический коэффициент (ГТК) в годы исследований составлял 0,49 (2019г.), 0,56 (2020 г.), 0,41 (2021 г.) и характеризовал условия выращивания как засушливые.

Результаты исследований

Основным признаком, определяющим возможность возделывания того или иного сорта сои в определенной зоне, является вегетационный период. Следует отметить, что за годы проведения экспериментов, все включенные в изучение сортообразцы сои стабильно вызревали. Продолжительность вегетационного периода варьировалась от 83 до 120 суток и зависела от генотипа и от метеорологических условий, складывающихся в период роста и развития растений. Продолжительность вегетационного периода стандартного сорта Южанка в среднем за 2019-2021 гг. составила 100 суток.

Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Glycine* Willd изучаемые образцы по средней продолжительности вегетационного периода были дифференцированы на три группы: скороспелые (91-100 суток), от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) и среднескороспелые (111-120 суток). Установлено, что большая часть коллекции была представлена образцами, которые относятся к группам спелости: скороспелые (91-100 суток) – 65 образцов или 57,3% и от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) – 43 образца или 39,1% (рис. 1). Среднескороспелая группа была представлена 3,6% (4 образца). Стандартный сорт Южанка был отнесен к группе скороспелых образцов.

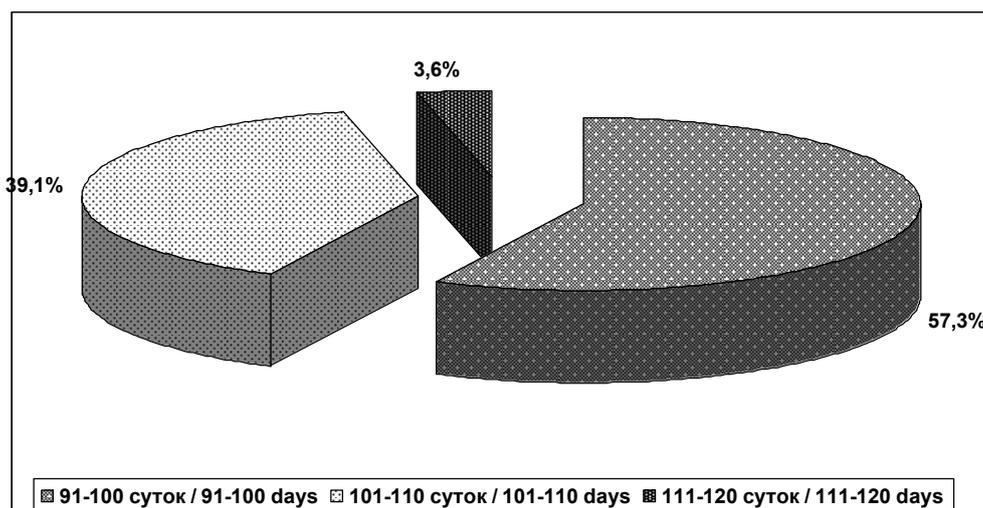


Рис. 1. Дифференциация образцов сои по продолжительности вегетационного периода (2019-2021 гг.)

Среди изученных коллекционных образцов были выделены шесть наиболее скороспелых, вегетационный период которых стабильно находился в пределах 92 – 96 суток. Данные образцы перспективны в качестве генетических источников для селекции на скороспелость: BN-12/18, ОАК Erin/2012-4, 1262 (Чехословакия), FiskebyV (Швеция), Mutante:Stamm 54/145M 4789/77 (ГДР), Kenchawol (Великобритания). Самым продолжительным вегетационным периодом (116-120 суток) отличались четыре образца: UM 7 (Канада), Соер 32699 (Россия), Соер 121-88 (Россия) и Кинелянка (Россия). За годы изучения все образцы группы среднескороспелых стабильно вызревали в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья, однако их вегетация завершалась во II-III декаде сентября, когда в регионе неустойчивая погода с высокой вероятностью заморозков и дождей.

Технологичность сорта (пригодность к механизированной уборке) характеризуется устойчивостью к растрескиванию бобов и полеганию, сорт должен иметь высокое прикрепление нижнего боба (более 12 см), что бы избежать потерь при уборке, высота растений должна быть оптимальной.

Высота растений изучаемых образцов сои, в среднем за годы изучения колебалась в пределах 20,2-87,8 см и в значительной степени варьировалась по годам ($V=32,9\%$) (табл.). За годы изучения выявлена средняя корреляционная зависимость между высотой и индивидуальной продуктивностью растений ($r=0,39-0,58$). Наиболее высокорослые растения были отмечены у образцов: в-1 4099/68 (Германия), без названия (Германия), Л-71/2018, Л-7/2018, 1262 (Чехословакия), средняя высота которых была в пределах 56,8-60,3 см.

Таблица

Образцы сои, выделенные по основным хозяйственно ценным признакам (2019-2021 гг.)

Признак	Минимальное значение признака	Максимальное значение признака	Коэффициент вариации признака (V), %	Выделившиеся образцы
Высота растений, см	20,2	87,8	32,9	в-1 4099/68 (Германия), без названия (Германия), Л-71/2018, Л-7/2018, 1262 (Чехословакия)
Высота прикрепления нижнего боба, см	6,0	24,3	13,9	Л-54/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада), 073-5 (Канада), Л-8/2018, СибНИИК 315 (Россия)
Ветвистость, шт.	0,2	8,2	15,0	680-11 (Украина), Gessener (Югославия), Л-47/2018, Дуар (Россия), Fiskeby V (Швеция), Ника (Россия), G-16 (Франция), ОХ 299 (Канада)
Масса семян с 1 растения, г	1,54	21,55	29,0	Л-6/2018, Мон-53 (США), 680-11 (Украина), ОХ 299 (Канада), Дельта (Россия), 422 (Казахстан), Ника (Россия), Л-60/2018
Количество бобов на растении, шт.	6,4	81,4	32,4	Л-6/2018, Мон-53 (США), Л-60/2018, 422 (Казахстан), Дельта (Россия), Ника (Россия)
Количество семян в бобе, шт.	1,0	2,7	4,8	Л-44/2018, Л-51/2018, Л-56/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада)
Масса 1000 семян	91,08	196,84	11,7	Holosoy (Бельгия), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), ИНАР-НК (Польша), 073-14 (Канада)
Содержание белка в семенах, %	27,8	49,3	12,6	Соер 32699 (Россия), УМ 7 (Канада), Иртышская 1 (Россия), 152 (Россия), 073-14 (Канада), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), Херсонская 8 (Украина), Самарянка (Россия)

В наших опытах, высота прикрепления нижнего боба отличалась средней вариабельностью по годам ($V=13,9\%$) и находилась в пределах 7,6-18,4 см, у стандартного сорта Южанка данный показатель находился на уровне 14,3 см. Согласно Международному классификатору СЭВ рода рода *Glycine* Willd изучаемые сортообразцы по высоте прикрепления нижнего боба дифференцировались на три группы: малая (5-10 см), средняя (10,1-15,0 см) и большая (15,1-20,0 см) (табл.). В среднем за годы изучения самое высокое расположение бобов над уровнем почвы отмечено у образцов Л-54/2018 -15,0 см, Л-71/2018 – 15,7 см, УМ 7 (Канада) – 15,8 см, 073-5 (Канада) – 16,2 см, Л-8/2018 – 16,3 см, СибНИИК 315 (Россия) – 18,1 см.

В условиях 2019-2021 гг. полегания растений сои не наблюдалось. В 2020 и 2021 годах было отмечено растрескивание бобов и осыпание семян отдельных образцов: Л-16/2018, ЛН 895612 (США), Соер 121-88 (Россия), 073-5 (Канада), Л-21/118, ВНИИС 1 (Россия).

Основной задачей большинства селекционных программ является повышение потенциальной семенной продуктивности растений, которая зависит от отдельных элементов структуры урожая.

В опытах установлена значимая положительная корреляционная связь показателя ветвистость (среднее количество продуктивных ветвей на растении) с продуктивностью растений сои ($r=0,57-0,67$). В среднем за годы изучения ветвистость у изучаемых образцов находилась в пределах 1,3-4,5 шт. и в средней степени варьировался по годам ($V=15,0\%$). Наибольшее количество продуктивных ветвей на растении имели: 680-11 (Украина), Gessener (Югославия), Л-47/2018, Дуар (Россия), Fiskeby V (Швеция), Ника (Россия), G-16 (Франция), ОХ 299 (Канада), превышение над стандартом составило 39,3-60,7%.

Масса семян с 1 растения является определяющим признаком семенной продуктивности сои ($r=0,93-0,98$). Коэффициент вариации данного признака по годам был значительным и составлял 29,0%. В среднем за годы изучения масса семян с 1 растения составила 5,51-9,42 г, у стандарта Южанка 6,76 г. По данному признаку были выделены образцы, индивидуальная продуктивность которых на 60,2-104,7% превышала стандарт: Л-6/2018, Мон-53 (США), 680-11 (Украина), ОХ 299 (Канада), Дельта (Россия), 422 (Казахстан), Ника (Россия), Л-59/2018.

Важным показателем продуктивности является число бобов на растении. Во все годы изучения установлена сильная степень сопряженности данного признака с продуктивностью растений сои ($r=0,80-0,95$). Данный признак в среднем за 2019-2021 гг. колебался от 13,8 до 47,3 шт., коэффициент вариации признака по годам составил 32,4%. Наибольшее количество бобов на растении отмечено у следующих образцов: Л-6/2018, Мон-53 (США), Л-60/2018, 422 (Казахстан), Дельта (Россия), Ника (Россия), у которых превышение над стандартом составило 62,0-89,2 %.

В наших опытах количество семян в бобе – наиболее стабильный признак, не значительно изменяющийся по годам ($V=4,8\%$). Была установлена умеренная корреляционная зависимость между числом семян в бобе и массой семян с 1 растения ($r=0,36$). За 3 года изучения количество семян в бобе находилась в пределах 1,7-2,5 шт. Повышенное число семян в бобе имели: Л-44/2018, Л-51/2018, Л-56/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада) превысив стандарт по данному показателю на 20-25%.

Масса 1000 семян является важным признаком, характеризующим крупность и выполненность семян сои, его выраженность зависит как от генотипа, так и от гидротермических условий, складывающихся в период вегетации. В наших исследованиях данный признак имел среднюю амплитуду колебания по годам ($V=11,7\%$) и в среднем составлял 106,50 - 168,55 г. Максимальную массу 1000 семян имели сортообразцы Holosoy (Бельгия), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), ИНАР-НК (Польша), 073-14 (Канада), превысив стандарт на 22,9-36,8%.

Одним из актуальных направлений селекции сои является повышение содержания белка в семенах. В среднем за годы исследований содержание протеина находилось в пределах 30,0-46,2%. Источниками высокого и стабильного накопления белка в семенах являются образцы: Соер 32699 (Россия), УМ 7 (Канада), Иртышская 1 (Россия), 152 (Россия), 073-14 (Канада), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), Херсонская 8 (Украина), Самарянка (Россия). Превышение над стандартом оставило 23,3-41,1%.

Заключение

В результате изучения 112 сортообразцов сои различного эколого-географического происхождения были выделены образцы для использования в качестве исходного материала в селекции сои на высокую продуктивность в неорошаемых условиях Самарского Заволжья.

Образцы с ранним сроком созревания, перспективные в качестве генетических источников для селекции на скороспелость: ВN-12/18, ОАК Erin/2012-4, 1262 (Чехословакия), FiskebyV (Швеция), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), Kenchawol (Великобритания).

По комплексу признаков, характеризующих технологичность сорта, были выделены сортообразцы с высоким прикреплением нижнего боба, оптимальной высотой растений, устойчивые к растрескиванию бобов и полеганию: Л-54/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада), Л-8/2018, СибНИИК 315 (Россия), в-1 4099/68 (Германия), Л-7/2018, 1262 (Чехословакия).

По комплексу хозяйственно ценных признаков, характеризующих высокую продуктивность сои (масса семян с растения, количество бобов на растении, количество семян в бобе, ветвистость, масса 1000 семян) выделены образцы: Л-6/2018, Holosoy (Бельгия), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), Л-71/2018, ИНАР-НК (Польша), 073-14 (Канада), Мон-53 (США), Л-44/2018, Л-56/2018, УМ 7 (Канада), 680-11 (Украина), ОХ 299 (Канада), Дельта (Россия), 422 (Казахстан), Ника (Россия), Л-59/2018.

В качестве источников высокого и стабильного накопления белка в семенах выделены: Соер 32699 (Россия), УМ 7 (Канада), Иртышская 1 (Россия), 152 (Россия), 073-14 (Канада), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), Херсонская 8 (Украина), Самарянка (Россия).

Литература

1. Зайцева О.А., Бельченко С.А., Дронов А.В., Сычев С.М., Дьяченко В.В., Шпилев Н.С., Малявко Г.П. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов сои в агроклиматических условиях Брянской области // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2022. – № 4 (44) – С. 40-48. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-40-48
2. Байкунирова А.К., Григорчук Н.Ф. Результаты изучения коллекции сои в ТОО «Опытное хозяйство масличных культур» // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 4 (210). – С. 5-10. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-210-4-5-10
3. Кипшакбаева Г.А., Амантаев Б.О., Тлеулина З.Т., Жанбыршина Н.Ж., Кульжабаев Е.М. Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана // *Аграрный вестник Урала*. – 2022. – № 2 (217). – С. 40-47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47
4. Шепель О.Л., Асеева Т.А., Зволимбовская М.П. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья // *Достижения науки и техники АПК*. – 2020. – Т.34. – № 8. – С. 16-22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802
5. Казарина А.В., Атакова Е.А. Оценка экологической пластичности и стабильности селекционного материала сои в неорошаемых условиях Самарского Заволжья // *Аграрный научный журнал*. 2020. №12. С. 14-17. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp14-17
6. Булатова К.А. Изучение исходного материала сои для селекции в условиях Среднего Поволжья // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2018. – Т. 20. – № 2 (4). – С. 763-766.
7. Zhou Zhou,† , Naoufal Lakhssassi,† , Mallory A. Cullen , Abdelhalim El Baz , Tri D. Vuong, Henry T. Nguyen and Khalid Meksem Assessment of phenotypic variations and correlation among seed composition traits im mutagenized soybean populations / Z. Zhou [et al.] // *Genes*. 2019. 10(12). P. 975_ doi.org/10.3390/genes10120975
8. Васина Е.А., Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Результаты изучения исходного материала сои в условиях Приморского края для селекционных целей // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2022. – Т. 183. – № 4. – С. 19-29. doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-19-29

References

1. Zaitseva O.A., Bel'chenko S.A., Dronov A.V., Sychev S.M., D'yachenko V.V., Shpilev N.S., Malyavko G.P. Comparative assessment of grain productivity and adaptability of soybean varieties in agroclimatic conditions of Bryansk region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. – 2022. – no.4 (44) - Pp. 40-48. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-40-48
2. Baikunirova A.K., Grigorochuk N.F. Results of the study of soybean collection in «Experimental farm of oilseeds» LLP// *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – no.4 (210). – Pp. 5-10. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-210-4-5-10
3. Kipshakbaeva G.A., Amantaev B.O., Tleulina Z.T., Zhanbyrshina N.Zh., Kul'zhabaev E.M. Study and creation of soybean source material in conditions of Northern Kazakhstan // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2022. no.2 (217). Pp. 40-47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47
4. Shepel' O.L., Aseeva T.A., Zvolimbovskaya M.P. Dependence of economic-biological traits of soybean on hydrothermal conditions in the Middle Amur Region // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020. V.34. no.8. Pp. 16-22. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10802
5. Kazarina A.V., Atakova E.A. Assessment of ecological plasticity and stability of soybean breeding material in rainfed conditions of Samara Volga region // *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*. 2020. no.12. Pp. 14-17. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp14-17
6. Bulatova K.A. Study of soybean source material for breeding under conditions of the Middle Volga region // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. – 2018. – V. 20. – no.2 (4). – Pp.763-766.
7. Zhou Zhou,† , Naoufal Lakhssassi,† , Mallory A. Cullen , Abdelhalim El Baz , Tri D. Vuong, Henry T. Nguyen and Khalid Meksem Assessment of phenotypic variations and correlation among seed composition traits im mutagenized soybean populations / Z. Zhou [et al.] // *Genes*. 2019. 10(12). P. 975. doi.org/10.3390/genes10120975
8. Vasina E.A., Butovets E.S., Luk'yanchuk L.M. Results of study of soybean source material in the conditions of Primorsky Krai for breeding purposes // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. – 2022. – V. 183. – no.4. – Pp. 19-29. doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-19-29

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ СОИ КРАСНОДАРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. ЗЕЛЕНЦОВ, член-корреспондент РАН, ORCID ID: 0000-0003-0431-6021

Д.И. ПАСПЕКОВ*, кандидат сельскохозяйственных наук

А.А. ТЕВЧЕНКОВ*, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-3582-5558

Е.В. МОШНЕНКО, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-5353-0211

ФГБНУ ФНЦ ВНИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР, Г. КРАСНОДАР

*ЛИПЕЦКИЙ НИИ РАПСА – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, Г. ЛИПЕЦК

Email: 79066414882@yandex.ru

В статье представлены результаты эколого-географической оценки и селекционной проработки очень ранних линий сои краснодарской селекции поколений F₆-F₇ в условиях лесостепи ЦФО РФ. В условиях Краснодара, в гибридных популяциях F₄ были выделены очень ранние элитные растения сои с вегетационным периодом 90-100 суток, высотой растений не менее 70 см, и повышенной продуктивностью. Их потомства в поколениях F₆ и F₇ проходили селекционную оценку в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья на базе Липецкого НИИ рапса – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк. В результате проведенных исследований было установлено, что в типичных для Центрального Черноземья погодных условиях 2021 г. и при принятых в Липецкой области сроках посева сои во 2-й декаде мая, самые ранние генотипы созревали в конце августа – начале сентября. Продолжительность их вегетационных периодов составляла 96–103 дня. В аномально холодных и дождливых условиях 2022 г. вегетационный период этих генотипов увеличился до 110-123 дней. Урожайность самых ранних из изучаемых генотипов сои в условиях 2021 г. варьировала в пределах 2,04–2,46 т/га, в условиях 2022 г. – в пределах 2,07-2,91 т/га. Двухлетний анализ продуктивности изучаемых генотипов сои в различных погодных условиях позволил выделить 7 селекционных линий, формирующих урожайность более 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных погодных условиях с избыточным выпадением осадков.

Ключевые слова: соя, вегетационный период, адаптивность, урожайность, климат.

Для цитирования: Зеленцов С.В., Паспеков Д.И., Тевченков А.А., Мошненко Е.В. Эколого-географическая оценка селекционных линий сои Краснодарской селекции в условиях Липецкой области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):34-41. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-34-41

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ASSESSMENT OF SOYBEAN BREEDING LINES OF KRASNODAR BREEDING IN THE CONDITIONS OF THE LIPETSK REGION

S.V. Zelentsov, D.I. Paspekov*, A.A. Tevchenkov*, E.V. Moshnenko

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF OIL CROPS, KRASNODAR

* LIPETSK RESEARCH INSTITUTE OF RAPESEED BRANCH PUSTOVOIT ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF OIL CROPS, LIPETSK

Abstract: *The article presents the results of ecological and geographical evaluation and breeding development of very early soybean lines of Krasnodar selection of F₆-F₇ generations in the conditions of the forest-steppe of the Central Federal District of the Russian Federation. In the*

conditions of Krasnodar, very early elite soybean plants with a vegetation period of 90-100 days, plant height of at least 70 cm, and increased productivity were isolated in hybrid populations F4. Their progeny in generations F6 and F7 underwent selection evaluation in latitudinal and climatic conditions of the forest-steppe of the Central Black Earth Region on the basis of the Lipetsk Rapeseed Research Institute, Lipetsk. As a result of the research, it was found that in typical weather conditions of the Central Chernozem region in 2021 and under the terms of sowing soybean in the 2nd decade of May, the earliest genotypes matured in late August - early September. The duration of their vegetation periods was 96-103 days. Under abnormally cold and rainy conditions in 2022, the vegetation period of these genotypes increased to 110-123 days. The yield of the earliest of the studied soybean genotypes under the conditions of 2021 varied within 2.04-2.46 t/ha, under the conditions of 2022 – within 2.07-2.91 t/ha. Two-year analysis of productivity of the studied soybean genotypes in different weather conditions allowed to identify 7 breeding lines forming yields of more than 2.0 t/ha both in near-optimal and abnormally cold weather conditions with excessive precipitation.

Keywords: soybean, growing season, adaptability, yield, climate.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Федерации В.В. Путиным 21 января 2020 года № 20, посевные площади под соей в РФ, включая ЦЧР и Липецкую область, должны быть заняты сортами сои отечественной селекции не менее чем на 75%. При этом, по состоянию на 2022 г., доля посевных площадей отечественных сортов сои в Липецкой области составляла всего 22,7% или 29 тыс. га. Отчасти это связано с отсутствием собственной селекции сои в этой области, и недостаточным количеством селекционных центров по сое в целом, в Центрально-Чернозёмном регионе РФ.

Одним из наиболее эффективных способов решения проблемы дисбаланса количества посевных площадей иностранных и отечественных сортов сои в регионе, а также увеличения доходов отечественных оригинаторов сортов от реализации семян, является активизация непосредственно в ЦЧР отечественной селекции высокоурожайных, высокоадаптивных и конкурентоспособных сортов сои [1-6].

В связи с этим, целью настоящих исследований было создание исходного материала и выделение перспективных линий для селекции сортов сои, адаптивных к климатическим условиям лесостепи Центрального Черноземья, на основе теоретических и практических разработок ФНЦ ВНИИМК.

Методика исследований

Исследования проводили в 2015-2022 гг. на центральной экспериментальной базе ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, на широте 45°04' и на базе Липецкого НИИ рапса, на широте 52°39'. Подбор родительских форм сои для последующего получения гибридных потомств с потенциальной адаптивностью к климатическим условиям Центрального Черноземья осуществляли по нескольким критериям. Главным селекционным признаком принимали очень раннее созревание. По этому признаку на широте Краснодара были отобраны 9 селекционных линий из питомников предварительного и конкурсного сортоиспытания, при оптимальных (III декада апреля) сроках посева созревавшие за 90-100 суток, а также 4 очень ранних сорта Свапа, Бара, Aldana и Кордоба отечественной и зарубежной селекции с таким же вегетационным периодом. В качестве источника признаков повышенной холодоустойчивости и пониженной фотопериодической чувствительности был сорт Славия. Источниками признака повышенной отзывчивости на улучшение влагообеспечения служили сорта Чара и ЕС Ментор.

В 2015 г. все отобранные источники хозяйственно ценных для условий ЦЧР признаков были вовлечены в гибридизацию на базе ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар. Семена F₁ были получены по 18 гибридным комбинациям скрещивания. В следующем 2016 г. из этих семян были выращены растения F₁ и с них получены семена F₂. В 2017-2018 гг. в размноженных гибридных популяциях F₂-F₃ проводили позитивный массовый отбор растений по признаку

очень раннего созревания с вегетационным периодом в условиях Краснодара 90-100 суток, с высотой растений не менее 70 см, и визуально – с увеличенным количеством бобов на главном побеге. В 2019 г. в гибридных популяциях F₄ проводили индивидуальный отбор элитных растений по признакам очень раннего созревания, высоты главных побегов не менее 70 см, и по визуально увеличенной продуктивности растений. Всего в F₄ было выделено 236 элитных растений. В 2020 г. потомства F₅ этих элитных растений, индивидуально размножали в селекционном питомнике. Дополнительными признаками отбора в этом поколении, помимо очень раннего созревания и высоты растений, были фенотипическая выравненность делянок, устойчивость к полеганию и к преждевременному вскрытию бобов (растрескиванию).

В 2021 г. семена 112 фенотипически лучших и самых ранних потомств F₆ были направлены в Липецкий НИИ рапса с целью их селекционной оценки на адаптивность в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья.

В период 2021-2022 гг. на базе Липецкого филиала формирование питомников для оценки этих потомств проводили по типу контрольного питомника без повторностей (2021 г.), и по типу питомника предварительного сортоиспытания с 3-мя повторностями (2022 г.). В обоих случаях применяли рядовой посев с междурядьями 15 см. Норма высева из расчёта 500 тыс. всхожих семян/га. Учётная площадь делянок 15 м². Сорт-стандарт – допущенный к выращиванию в Центральном Черноземье ранний сорт сои Баргузин. Учёты и наблюдения за растениями проводили по методике RTG/0080/2 «Методика проведения испытания на однородность и стабильность. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill.) Госсортокмиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений [7].

Результаты и обсуждение

Основным критерием оценки адаптивности изучаемых селекционных линий сои к широтным и климатическим условиям Липецка служила продолжительность вегетационного периода при оптимальных сроках посева (II-III декады мая). Этот показатель, помимо прямой трактовки, как времени между появлением всходов и созреванием растений, косвенно, но достаточно информативно отражает реакцию исследуемых генотипов на более продолжительные в Липецке летние фотопериоды. Также этот признак показывает продолжительность прохождения этапов органогенеза на фоне более низких, по сравнению с краснодарскими, температур.

Посев в Липецке в 2021 г. был проведён 17 мая. Массовые всходы зафиксированы 25 мая. Температурные условия произрастания сои в течение всего периода вегетации, равно как распределение осадков и запасы влаги в почве опытного участка, в 2021 г. были близкими к климатической норме с небольшим дефицитом осадков в конце лета.

По состоянию на 20 августа отдельные генотипы сои уже начали созревать. По состоянию на 2 сентября созрело более 20% ранних селекционных линий сои (рис. 1). Генотипы, созревшие позже 15 сентября, были признаны излишне поздними, и были исключены из дальнейшего изучения.

Фенотипы всех ранних селекционных линий сои F₆, в целом, оказались довольно выровнены по времени созревания и высоте растений. Наличие отдельных нетипичных растений в пределах делянок, преимущественно, было обусловлено остаточным расщеплением в этом поколении. Поэтому можно заключить, что выращивание этих селекционных линий в отличающихся от Западного Предкавказья широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья, не повлекло за собой заметное дополнительное фенотипическое разложение популяций по высоте и созреванию в пределах изучаемых генотипов.



Рис. 1. Фенотипы перспективных ранних линий сои в Липецком НИИ ранса по состоянию на 2 сентября 2021 г. (на переднем плане селекционная линия сои Д-933/20)

Общий диапазон варьирования признака высоты растений у созревших до 15 сентября генотипов сои, в погодных условиях 2021 г. составил 70-120 см. Урожайность этих генотипов варьировала в пределах 1,19-2,46 т/га. Характеристика наиболее перспективных ранних и среднеранних генотипов сои представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика лучших линий сои поколения F₆, выделившихся по признаку раннего и среднераннего вегетационного периода на фоне типичных региональных погодных условий

Селекционный номер	Происхождение, гибридная комбинация	Вегет. период, сутки	Средняя высота растений, см	Урожайность, т/га	Откл. от стандарта, ± т/га
–	Баргузин (стандарт)	98	90	2,17	–
Д-958/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,46	+0,29
Д-956/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,41	+0,24
Д-1584/6	Чара × Д-842/12	96	90	2,37	+0,20
Д-957/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,37	+0,20
Д-1590/2	Славия × ЕС Ментор	103	80	2,32	+0,15
Д-1590/9	Славия × ЕС Ментор	103	80	2,32	+0,15
Д-1584/5	Чара × Д-842/12	97	90	2,29	+0,12
Д-933/20	Д-12/14 × Л-247	100	90	2,24	+0,07
Д-946/20	Славия × ЕС Ментор	100	80	2,21	+0,04
Д-948/20	Славия × ЕС Ментор	100	70	2,21	+0,04
Д-944/20	Славия × ЕС Ментор	100	70	2,19	+0,02
Д-2524/6	Л-13-842 × Л-16/15	101	80	2,13	-0,04
Д-1584/7	Чара × Д-842/12	96	70	2,13	-0,04
Д-2522/2	Л-13-842 × Л-16/15	101	90	2,04	-0,13

Как следует из данных таблицы 1, вегетационные периоды наиболее рано созревших в условиях Липецкой области генотипов сои составляли 96-103 дня, при вегетационном периоде сорта-стандарта Баргузин – 98 суток. Это позволило их отнести к ранней и

среднеранней группе спелости. Высота растений у этих генотипов варьировала в пределах 70–90 см, как и на широте Краснодара. Варьирование урожайности находилось в пределах 2,04–2,46 т/га, при урожайности сорта-стандарта Баргузин 2,17 т/га.

Самый ранний в опыте генотип Д-1584/6 (Чара × Д-842/12) созрел 29 августа, его вегетационный период, при высоте растений 90 см, составил 96 суток. При этом его урожайность достигла 2,37 т/га, что на 0,2 т/га было выше, чем у сорта-стандарта (2,17 т/га). Близкие показатели были у его сестринской линии Д-1584/5 – вегетационный период 97 суток, высота 90 см, урожайность 2,29 т/га. Максимальная урожайность при вегетационном периоде 98 суток и высоте растений 70 см, выявлена у сестринских линий Д-958/20 и Д-956/20 (Д-12/14 × Л-247) – 2,46 и 2,41 т/га соответственно.

В целом, в широтных и климатических условиях Липецка, и при сложившихся погодных условиях 2021 г., лучшими гибридными комбинациями, родительские геномы которых обеспечили выделение гибридных линий с признаками раннего созревания и повышенной урожайности, оказались комбинации: Д-12/14 × Л-247; Чара × Д-842/12 и Славия × ЕС Ментор.

Семенные потомства F₇ всех линий сои, выделенных в 2021 году по признакам раннего созревания и повышенной урожайности, были высеяны в условиях Липецка в 2022 году. Достаточные объёмы семян позволили заложить делянки той же площади (15 м²) в 3-кратной повторности. Посев в 2022 г. был проведён 18 мая. Массовые всходы зафиксированы 30 мая.

Погодные условия 2022 года в Липецке заметно отличались, как от предыдущего 2021 года, так и от среднемноголетних значений. Так, средняя температура за период май-сентябрь в 2022 г. составила 15,3°C, что оказалось на 1,1 °C ниже, чем в 2021 г, и на 1,5°C ниже среднемноголетней нормы. Среднемесячная температура мая в 2022 году была на уровне 11,9°C, что было ниже значений в 2021 г. и климатической нормы на 1,8 и 2,5°C, соответственно. Среднемесячная температура в сентябре 2022 года составила 11,2°C, что также было ниже предыдущего года (12,4°C) и среднемноголетних значений (12,9°C). При этом сумма осадков в Липецке за период май-сентябрь увеличилась до 386 мм, что было выше, чем в предыдущем 2021 году, на 113 мм, и выше на 99 мм, по сравнению со среднемноголетней нормой осадков.

Такие аномально холодные и избыточно влажные условия в период май-сентябрь, не только непосредственно в Липецке, но и по всей территории Центрального Черноземья, повлекли за собой замедление роста и развития сои, что отразилось в значительном увеличении продолжительности вегетационного периода этой культуры. Так, по оперативным данным областных управлений АПК в пределах ЦЧР, из-за очень позднего созревания сои и обильных осенних осадков, на начало ноября 2022 г., в регионе было убрано не более половины посевных площадей сои.

Аномальные погодные условия 2022 г. также оказали замедляющий эффект на рост и развитие изучаемых в Липецком НИИ рапса ранних селекционных линий сои, с вегетационным периодом, составлявшем в предыдущем году 98-103 дня. В результате, продолжительность их вегетационных периодов увеличилась до 110-123 суток, что соответствовало уже группам спелости от среднеранней (101-110 сут.) до среднепоздней (>121 сут.) (рис. 2). Тем не менее, все изучаемые линии сои успешно созрели и к концу сентября были убраны.

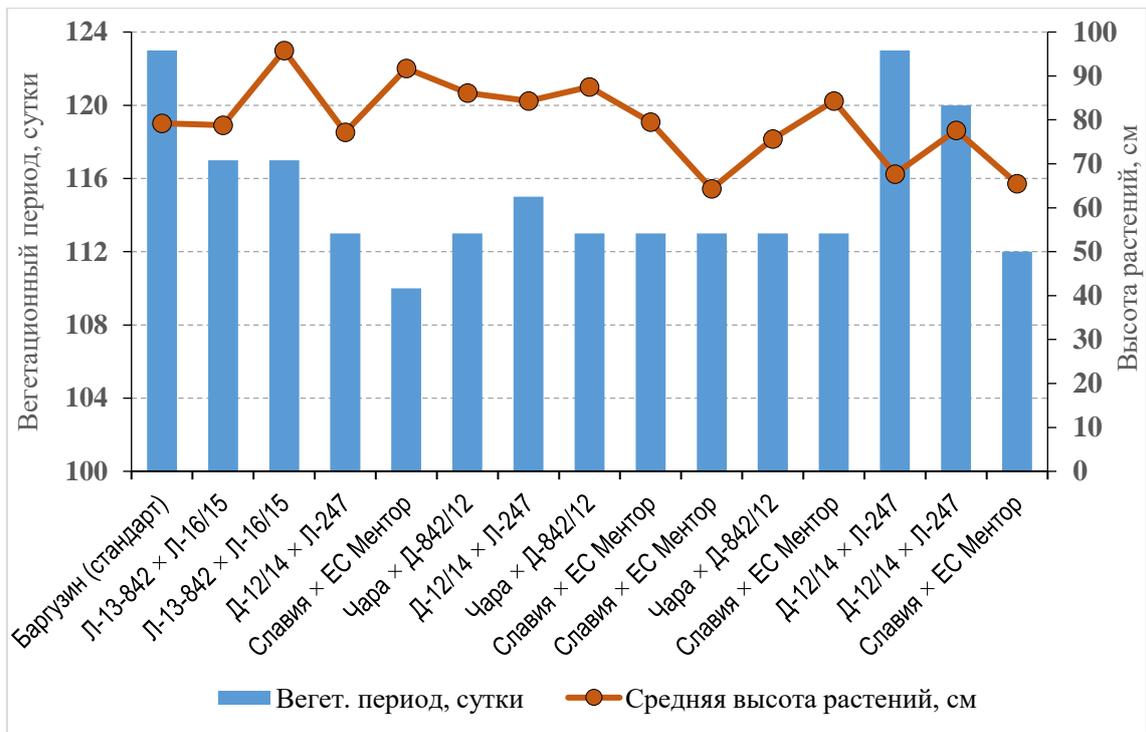


Рис. 2. Вегетационный период и высота растений линий сои поколения F₇ на фоне аномальных погодных условий 2022 года

При этом сложившиеся в 2022 г. погодные условия практически не повлияли на высоту растений изучаемых линий сои. Диапазон варьирования этого признака составил 64,3-95,8 см. Урожайность в разной степени снизилась только у некоторых генотипов сои. Так, при вегетационном периоде 123 дня у сорта-стандарта Баргузин его урожайность составила 2,43 т/га, что оказалось выше, чем в 2021 г. У линий сои Д-2522/4 и Д-2524/6 в таких условиях урожайность сформировалась ещё выше и достигла 2,91 и 2,71 т/га, соответственно.

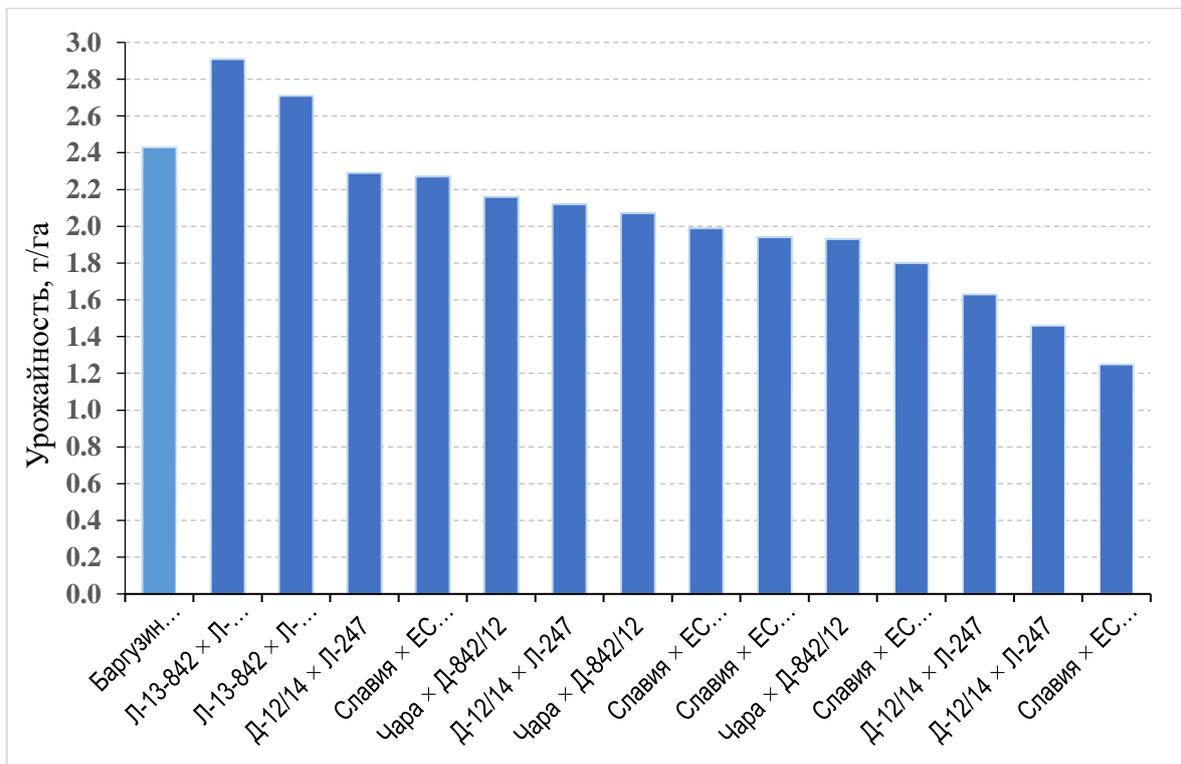


Рис. 3. Урожайность линий сои поколения F₇ на фоне аномальных погодных условий 2022 года, НСР₀₅ = 0,53 т/га

В целом, неблагоприятные для сои погодные условия 2022 года в Липецке послужили хорошим селекционным фоном отбора генотипов сои на адаптивность к пониженным температурам и избытку осадков. Двухлетний анализ продуктивности изучаемых линий сои на базе Липецкого НИИ рапса позволил выделить 7 селекционных линий: Д-2522/4; Д-2524/6; Д-933/20; Д-1590/9; Д-1584/5; Д-958/20 и Д-1584/7, формирующих урожайность выше 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных условиях с избыточным выпадением осадков. Изучение этих линий будет продолжено в питомнике конкурсного сортоиспытания с целью выведения на их основе высокоадаптивных сортов сои для широтных и климатических условий лесостепи Центрального Черноземья.

Заключение

В результате целенаправленного подбора очень ранних, в условиях Западного Предкавказья родительских форм сои, и вовлечения их в гибридизацию, из полученных гибридных популяций F₄ в условиях Краснодара были выделены очень ранние элитные растения с вегетационным периодом 90-100 суток и высотой растений 70-80 см. Их потомства в поколениях F₆ и F₇ проходили комплексную селекционную оценку в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья на базе Липецкого НИИ рапса. Установлено, что в типичных для Липецкого региона погодных условиях 2021 г. вегетационный период самых ранних линий составлял 96-103 дня. В аномально холодных и дождливых условиях 2022 г. их вегетационный период увеличился до 110-123 дня. Урожайность самых ранних из изучаемых селекционных линий сои в условиях 2021 г. варьировала в пределах 2,04-2,46 т/га, в условиях 2022 г. – в пределах 2,07-2,91 т/га.

В целом, двухлетняя эколого-географическая оценка раннего селекционного материала сои краснодарской селекции на базе Липецкого НИИ рапса позволила выделить 7 высокоадаптивных селекционных линий сои, формирующих урожайность выше 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных условиях с избыточным выпадением осадков. Выделенные линии сои наиболее пригодны для выведения на их основе высокоадаптивных сортов сои для широтных и климатических условий лесостепи Центрального Черноземья.

Литература

1. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: Основные тенденции и перспективы развития. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, – 2019. – № 3 (47). – С. 25-33.
2. Лукомец В.М., Зеленцов С.В. Развитие методов селекции сои и льна на современном этапе. / В сб.: Научное обеспечение реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации. / Под ред. акад. В.Г. Бондура и чл.-кор. А.А. Макоско – М.: Российская академия наук, – 2019. – Т. 2, – С. 237-245.
3. Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Бочкарёв Н.И., Мошненко Е.В. Адаптивная селекция масличных культур. // Теория и практика адаптивной селекции растений. (Жученковские чтения VI): Сб. научн. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар: КубГАУ, – 2021. – С. 22-25.
4. Давыденко О.Г., Голоенко Д.В., Розенцвейг В.Е. Соя для умеренного климата. – Минск: Тэхналогія, – 2004. – С. 73-75.
5. Синеговская В.Т. Фоменко Н.Д. Устойчивость сои к неблагоприятным факторам среды в условиях Приамурья. / В сб.: «Генетические ресурсы растениеводства Дальнего Востока». – Владивосток: Дальнаука, – 2004. – С. 76-77.
6. Фоменко Н.Д., Синеговская В.Т., Слободяник Н.С., Клеткина О.О., Беляева Г.Н., Мельникова Е.Н., Ала А.Я. Каталог сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои. Коллективная научная монография – Благовещенск: ИПК «Олеон», – 2015. – 96 с.
7. RTG/0080/2 «Методика проведения испытания на однородность и стабильность. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill.) // Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия»), 2006. URL: <https://gossortrf.ru/metodic/R0080.zip> (дата обращения 18.04.2023).

References

1. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E., Bol'sheva K.K. Proizvodstvo soi v Rossiiskoi Federatsii: Osnovnye tendentsii i perspektivy razvitiya. // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2019.- № 3(47). - Pp. 25-33.
2. Lukomets V.M., Zelentsov S.V. Development of soybean and flax breeding methods at the present stage. / In: Scientific support for the implementation of the priorities of scientific and technological development of the Russian Federation. / Ed. acad. V.G. Bondur and member-corr. A.A. Makosko - Moscow, Rossiiskaya akademiya nauk, 2019. V. 2, - Pp. 237-245.

3. Lukomets V.M., Zelentsov S.V., Bochkarev N.I., Moshnenko E.V. Adaptive breeding of oilseed crops. // Theory and practice of adaptive plant breeding. (Zhuchenko Readings VI): Sb. nauchn. tr. po mat-lam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Krasnodar: KubGAU, 2021.- Pp. 22-25.
4. Davydenko O.G., Goloenko D.V., Rozentsveig V.E. Soybeans for temperate climates. - Minsk: *Tekhnologiya*, 2004. - Pp. 73-75.
5. Sinegovskaya V.T. Fomenko N.D. Soybean resistance to unfavorable environmental factors in the conditions of Priamurye. / In: "Genetic resources of crop production of the Far East". - Vladivostok: Dal'nauka, 2004. - Pp. 76-77.
6. Fomenko N.D., Sinegovskaya V.T., Slobodyanik N.S., Kletkina O.O., Belyaeva G.N., Mel'nikova E.N., Ala A.Ya. Catalog of soybean varieties of the All-Russian Soybean Research Institute. Collective scientific monograph - Blagoveshchensk: IPK «Odeon», 2015.- 96 p.
7. RTG/0080/2 «Methodology of homogeneity and stability test. Soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill.) // State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements (FGBU «Gossortkomissiya»), 2006. URL: <https://gossortrf.ru/metodic/R0080.zip> (Accessed 18.04.2023).

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

Б.И. САНДУХАДЗЕ, академик РАН, ORCID ID 0000-0001-7184-7645, sanduchadze@mail.ru

Р.З. МАМЕДОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0003-2473-4538

М.С. КРАХМАЛЁВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID 0000-0002-0861-1514, **В.В. БУГРОВА**

С.В. СОБОЛЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук

Я.С. МОЛОДОВСКИЙ

ФГБНУ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА», МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Получение высоких урожаев зерна с хорошими качественными характеристиками является необходимым в аспекте продовольственной безопасности РФ. Основой получения таких урожаев является селекция, где на поздних этапах создания сорта необходима комплексная оценка перспективных линий по показателям качества зерна. Рассмотрены масса 1000 зерен, стекловидность и натура зерна лучших по урожайности линий и сортов озимой мягкой пшеницы по данным сортоиспытания 2020-2022 гг. лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» в сравнении со стандартом Московская 39. Показано, что погодные условия 2022 года способствовали формированию зерна с хорошими показателями качества зерна, у 41,5% образцов натура зерна выше 801 г/л, масса 1000 зерен у 53,7% номеров больше 45,1 г, стекловидность у 67% выше 60%, средняя масса 1000 зерен 44,9 г, стекловидность 63,7%, натура 794 г/литр. В 2020 и 2021 годах распределение сортообразцов по сформированным нами группам качеств было нормальным, наибольшее число линий в среднем сегменте. По натуре зерна I классу качества соответствовало: в 2020 году – 90,9% образцов, в 2021 – 92,4%, в 2022 году – 97,6%, по стекловидности: в 2020 году – 42,4% образцов, в 2021 – 7,5%, в 2022 году – 67%. В 2020-2022 гг. максимальная выраженность массы 1000 зерен составляла 50,4 г, стекловидности 78%, натуры зерна 873 г/литр. В ФИЦ «Немчиновка» ведется успешная работа по созданию высокопродуктивных сортов озимой мягкой пшеницы с крупным, стекловидным и выполненным зерном.

Ключевые слова: озимая пшеница, натура, масса 1000 зерен, стекловидность.

Для цитирования: Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В., Соболев С.В., Молодовский Я.С. Показатели качества зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка». *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):42-47. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-42-47

GRAIN QUALITY INDICATORS OF VARIETIES AND LINES OF WINTER BREAD WHEAT BREEDING OF FIC NEMCHINOVKA

B.I. Sandukhadze, R.Z. Mamedov, M.S. Krakhmaleva, V.V. Bugrova,

S.V. Sobolev, Y.S. Molodowsky

FSBSI «MOSCOW SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

«NEMCHINOVKA», Moscow region

Abstract: *Obtaining high yields of grain with good quality characteristics is necessary in terms of food security of the Russian Federation. The basis for obtaining such yields is breeding, where at the later stages of creating a variety, a comprehensive assessment of promising lines in*

terms of grain quality is necessary. The weight of 1000 grains, vitreousness and nature of grains of the best lines and varieties of winter bread wheat in terms of yield were considered according to the variety testing data for 2020-2022. Laboratory of breeding and primary seed production of winter wheat of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FIC «Nemchinovka» in comparison with the Moskovskaya 39 standard. It is shown that the weather conditions in 2022 contributed to the formation of grain with good grain quality indicators, in 41.5% of the samples the grain size is above 801 g/l, the weight of 1000 grains in 53.7% of the numbers is more than 45.1 g, the vitreousness in 67% is above 60%, the average weight of 1000 grains is 44.9 g, the vitreousness is 63.7%, the nature is 794 g/liter. In 2020 and 2021, the distribution of variety samples according to the quality groups formed by us was normal, the largest number of lines in the middle segment. According to the nature of grain, quality class I corresponded: in 2020 – 90.9% of samples, in 2021 – 92.4%, in 2022 – 97.6%, in terms of vitreousness: in 2020 – 42.4% of samples, in 2021 – 7.5%, in 2022 – 67%. In 2020-2022 the maximum expressiveness of the mass of 1000 grains was 50.4 g, the vitreousness was 78%, the nature of the grain was 873 g/liter. The Nemchinovka Federal Research Center is successfully working on the creation of highly productive varieties of winter soft wheat with large, glassy and finished grains.

Keywords: winter wheat, nature, weight of 1000 grains, vitreousness.

Введение

Пшеница является основной продовольственной культурой Российской Федерации. Увеличение продуктивности и улучшение качества зерна пшеницы во многом зависит от селекционной работы, в процессе которой выводятся современные продуктивные сорта, отзывчивые на улучшение агроклиматических условий и в то же время устойчивые к воздействию стрессовых факторов. Первоочередной задачей современной селекции остается создание новых высокоурожайных и высококачественных сортов, отвечающих современным требованиям производства [1]. Одним из важных элементов продуктивности в любой зоне является масса 1000 зерен, имеющая положительную корреляцию с урожайностью, и независимо от силы связи двух признаков – это надежный индикаторный показатель при селекционном отборе на урожайность [2]. Масса 1000 зерен показывает количество вещества, содержащегося в зерне, а его крупность зависит от генотипа сорта, агроклиматических условий, уровня минерального питания и технологии возделывания. Для стабилизации ежегодных валовых сборов зерна необходимо создавать новые сорта, в том числе и существенно не снижающие при неблагоприятных условиях показатели крупности зерна.

Стекловидность зерна – это важнейший показатель его качества. Он характеризует консистенцию эндосперма. По стекловидности зерно подразделяют на стекловидное, частично стекловидное и мучнистое. Стекловидное зерно отличается повышенным содержанием белка, клейковины, хорошей углеводно-амилазной активностью и высоким выходом муки. Согласно ГОСТу по стекловидности, для мягкой пшеницы, зерно подразделяется на зерно I класса – 60%, II класса – 60%, III класса – 40%, IV и V класса не ограничивается. Стекловидность является важным косвенным показателем при оценке качества зерна пшеницы, определяющим его дальнейшее использование. От стекловидности зависят технологические, товарные и пищевые достоинства пшеничного зерна. Являясь сортовым признаком, стекловидность зерна может изменяться в зависимости от почвенных, агротехнических и погодных условий [3].

Натурная масса зерна озимой пшеницы может колебаться от 600 до 850 г/л. Чем она выше, тем меньше ёмкостей необходимо для хранения и транспорта зерна, кроме того, выше выход муки, крупки и ниже содержание золы. По данным ГОСТа для зерна мягкой пшеницы 1-го и 2-го классов натура зерна должна быть 750 г/л, 3-го – 730 г/л, 4-го – 710 г/л, 5-го – менее 710 г/л. Зерно пшеницы с низкой натурой обычно щуплое и дает мало ценной муки. На натуру зерна влияет и крупность зерна. Обычно натура более крупного зерна бывает выше, чем мелкого. Но надо отметить, что натура и крупность зерна связаны не прямолинейно.

Большое значение имеет форма зерна и его выравненность по величине. Эти два фактора определяют, как уложится зерно в объеме. На натуру зерна влияет изменение доли крупных, средних и мелких зерен в партии зерна. Натура зерна, или масса единицы объема зерна является одним из важных показателей, используемых при товарной классификации пшеницы во многих странах мира [4]. От натуры зерна зависят, прежде всего, мукомольные качества зерна пшеницы.

Селекция озимой мягкой пшеницы в «ФИЦ «Немчиновка» имеет практически вековую историю. Созданы многие качественные сорта с высоким потенциалом продуктивности. Многие авторы отмечают, что сорта немчиновской селекции являются ценными по своим технологическим характеристикам [5-7]. В производстве эти сорта занимают обширные площади (по данным rosstat.ru).

Цель работы – оценка лучших по урожайности линий и сортов в контрольном питомнике и конкурсном сортоиспытании по массе 1000 зерен (г), стекловидности (%) и натуре зерна (г/литр), их распределение по степени выраженности изучаемых признаков.

Условия, материалы и методы исследования

В работе рассматривали лучшие по урожайности сортообразцы конкурсного сортоиспытания (10 м², 4-х кратная повторность) и контрольного питомника (10 м², без повторности) по данным 2020, 2021, 2022 годов. В 2020 году приведены данные по 34 образцам, в 2021 – по 54, в 2022 – по 41 образцу.

Определение массы 1000 зерен проводили по ГОСТу 10842-76, стекловидности по ГОСТу 13586,3-83 с использованием диафаноскопа и натуры зерна по ГОСТу 10840-64.

Полевые опыты проводили на полях селекционного севооборота. Почва – дерново-подзолистая, суглинистая. Содержание гумуса составляет 1,7-1,9%, рН солевой вытяжки в слое почвы 0-20 см – 5,4, гидролитическая кислотность – 2,51 ммоль/100 г почвы; содержание Р₂О₅ (по Кирсанову) – 237 мг/кг почвы (по Масловой), К₂О – 134 мг/кг почвы. Мощность пахотного слоя – 28 см. Агротехника возделывания озимой пшеницы в опыте, общепринятая для зоны. Предшественником озимой пшеницы служил чистый пар. Минеральные удобрения вносили под культивацию из расчета N₂₄P₆₀K₆₀ (диаммофоска).

Осень 2019 года была теплой (t на 1,2-3,9°С выше среднемноголетней) при недоборе осадков. Зимние погодные условия способствовали хорошей перезимовке озимых растений. Теплая погода и дефицит осадков привели к тому, что снежный покров на полях не сформировался. В апреле 2020 года температура была близка к среднемноголетним значениям при дефиците выпавших осадков (50% от нормы). Условия мая, июня и июля по температуре незначительно отличались от нормы, при этом количество осадков было экстремально большим. В III декаде мая выпало 105,5 мм осадков, что составляет 535% от нормы. В июне и июле осадки по декадам выпадали более равномерно, но превышение составило 164% и 174%. Ливневые дожди сопровождались шквалистым ветром, что привело к значительному полеганию озимой пшеницы. В августе температура воздуха была близка к среднемноголетним значениям, количество осадков ниже нормы, но сильное полегание посевов затрудняло уборку озимых и негативно сказалось на качестве зерна пшеницы.

Во все три летних месяца 2021 года отмечен дефицит осадков вкупе с высокими температурами. В целом, относительно суровая зима с отрицательными температурами в декабре, январе, феврале и марте, высокий снежный покров спровоцировали различия в перезимовке сортов и линий. Также отрицательно на урожайности и качестве зерна сказалась засуха в июне и июле, зерно не налилось и было относительно мелким.

В 2022 году недостаток осадков и высокие температуры наблюдались во все три летних месяца, особенно в августе. В период формирования зерна температура воздуха и достаточное количество осадков способствовали хорошему наливу зерна. Мягкая зима, оптимальное количество осадков и своевременная уборка благоприятно сказались на урожайности и качественных показателях озимой пшеницы.

В качестве стандарта был взят сорт **Московская 39**. Получен индивидуальным отбором из гибридной комбинации Обрий х Янтарная 50. Включён в Госреестр

селекционных достижений, допущенных к использованию в 1999 году. Регионы допуска: 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12. Общая площадь посева в РФ составляет 1,0-1,2 млн. га. Сильная пшеница.

Результаты и их обсуждение

По данным многих исследований погодные условия года являются определяющими в формировании качественных характеристик озимых пшениц. Стандартный сорт Московская 39 по годам исследования имел хорошие показатели качества зерна (табл. 1). В 2020 году было отмечено сильное полегание пшеницы, поэтому качественные показатели были снижены, в условиях 2021 и 2022 годов по натуре зерна и стекловидности зерно пшеницы сорта Московская 39 относилось к I классу. По годам средняя масса 1000 зерен лучших по урожайности линий и сортов была близкой (43,0; 43,2; 44,9 г). Стекловидность была значительно снижена в 2021 году, а наиболее стекловидное зерно было сформировано в условиях 2022 года (средняя 63,7%, с максимумом 78%). Натура зерна в 2020 и 2021 годах была одинаковой – 778 г/литр, в 2022 году 794 г/литр.

Таблица 1

Показатели качества зерна лучших по урожайности сортообразцов озимой пшеницы

Сорт	Год	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Натура зерна, г/литр
Московская 39	2020	36,0	50	779
	2021	41,5	64	806
	2022	43,8	63	811
Сортообразцы	2020	43,0* (36,0-48,6)**	58,9 (38-72)	778 (724-873)
	2021	43,2 (36,8-48,3)	51,5 (35-66)	778 (716-812)
	2022	44,9 (37,8-50,4)	63,7 (48-78)	794 (747-826)

* – среднее

** – лимиты

Распределение изучаемых сортообразцов по группам по массе 1000 зерен, стекловидности и натуре зерна является интересным для оценки направленности селекционной работы по изучаемым показателям.

Масса 1000 зерен является одним из основных показателей, слагающих урожайность пшеницы. Наибольшее количество сортообразцов с массой 1000 зерен выше 45,1 г было в 2022 году (53,7%) (рис. 1). В 2020 и 2021 годах наибольшее число образцов имело массу 1000 зерен от 41 до 45 г, что свидетельствует о стабильно крупном зерне у большинства испытуемых сортов и линий. Отмечено превышение над стандартом по этому показателю у большинства линий.

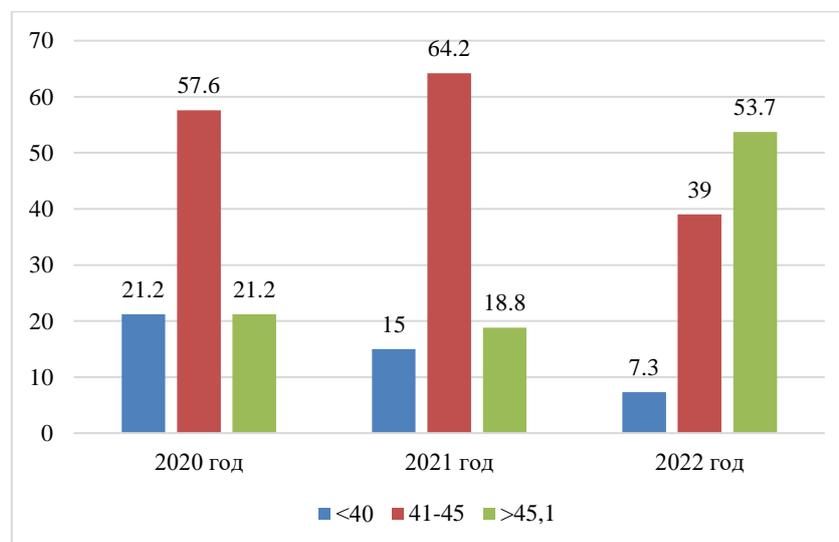


Рис. 1. Распределение (%) сортообразцов озимой пшеницы по массе 1000 зерен

Натура зерна по трем годам имела схожее, нормальное распределение (рис. 2). Наибольшее число линий (90,9; 92,4 и 97,6% соответственно по годам исследования) имело натуру зерна от 751 до 800 г/литр, что соответствует 1 и 2 классам качества. В 2022 году значительно возросла доля сортообразцов с натурой зерна выше 801 г/литр, что можно объяснить оптимальными погодными условиями в период налива зерна.

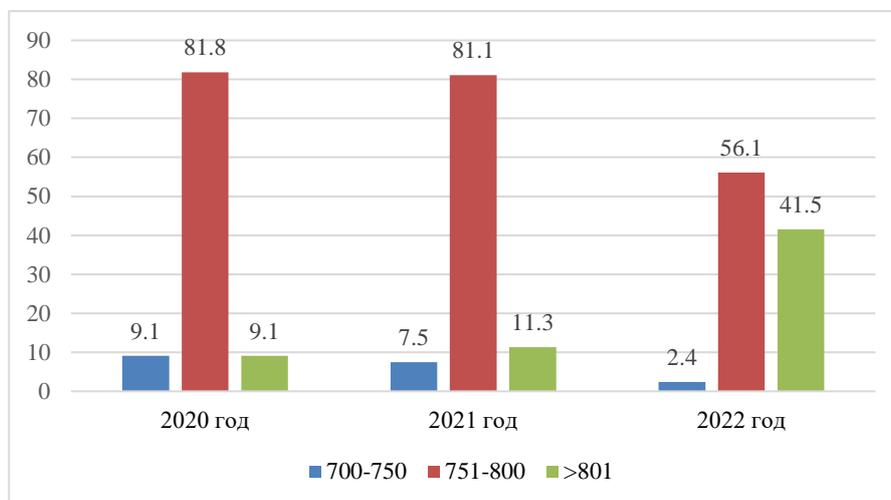


Рис. 2. Распределение (%) сортообразцов озимой пшеницы по натуре зерна

Анализируя сортообразцы по стекловидности зерна, необходимо отметить, что по годам она значительно изменялась (рис. 3). На формирование этого признака большое влияние оказывали условия года. В 2022 году 67% сортообразцов имели стекловидность выше 60%, можно отнести такие сорта и линии к зерну I и II класса.

Необходимо обратить внимание на то, что описанное выше высокое качество зерна пшеницы выявлено у линий, имеющих максимальную урожайность в конкурсном сортоиспытании и контрольном питомнике, что свидетельствует о совмещении в одном генотипе высокой продуктивности и хорошего качества зерна.

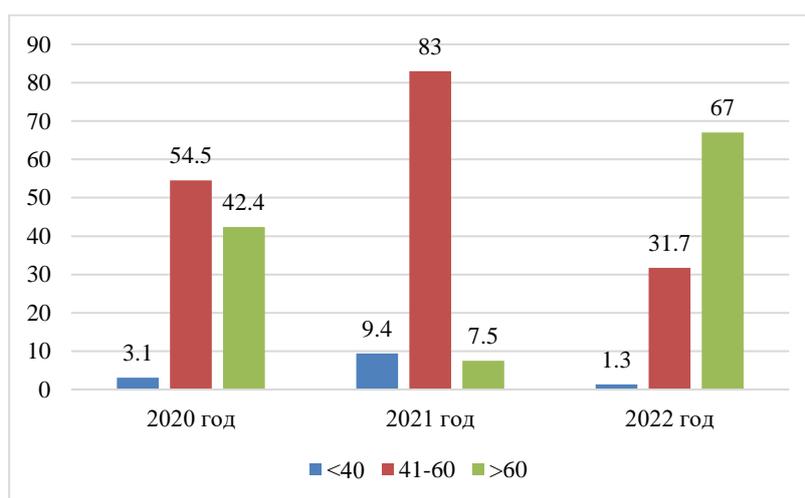


Рис. 3. Распределение (%) сортообразцов озимой пшеницы по стекловидности

Заключение

Таким образом, изученные сортообразцы озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» имели высокие показатели качества зерна. Условия года оказывали значительное влияние на формирование массы 1000 зерен, стекловидность и натуру зерна. В

2020-2022 гг. максимальная масса 1000 зерен составляла 50,4 г, стекловидность 78% и натура зерна 873 г/литр. В условиях 2020 и 2021 годов распределение сортов и линий по стекловидности, массе 1000 зерен и натуре зерна являлось схожим, большинство линий имели среднюю выраженность изучаемых признаков. Погодные условия 2022 года способствовали формированию у сортообразцов крупного зерна с хорошей стекловидностью и выполненностью, средняя масса 1000 зерен – 44,9 г, стекловидность – 63,7% и натура зерна 794 г/литр.

Литература

1. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 4. – С. 545-554. DOI: 10.18699/VJ16.177.
2. Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Краснова Ю.С., Каракоз И.И., Шаманин В.П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области // Вестник Омского ГАУ. – 2018. – № 3 (31). – С. 26-35.
3. Пахотина И.В., Кашуба Ю.Н., Игнатьева Е.Ю., Трипутин В.М. Оценка коллекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. – №7 (189). – С. 10-16.
4. Мелешкина Е.П. Развитие товарной классификации зерна пшеницы // Контроль качества продукции. – 2017. – № 3. – С. 24-33.
5. Долгодворова Л.И. Пыльнев В.В., Буко О.А. [и др.]. Селекция полевых культур на качество. – Санкт-Петербург: Лань, – 2021. – 256 с.
6. Косенко С.В. Оценка сортов озимой пшеницы по признаку «массовая доля белка в зерне». // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 2 (26). – С. 109-115. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-109-115
7. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне РФ: история, методы и результаты. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – 25 (4). – С. 367-373. DOI: 10.18699/VJ21.53-о.

References

1. Mitrofanova O.P., Khakimova A.G. New genetic resources in wheat breeding to increase the protein content in grain // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*. 2016, vol. 20, № 4, pp. 545–554. DOI: 10.18699/VJ16.177 (in Russian).
2. Pushkarev D.V., Chursin A.S., Kuz'min O.G., Krasnova Yu.S., Karakoz I.I., Shamanin V.P. Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region // *Vestnik Omskogo GAU*, 2018, № 3 (31), pp. 26–35 (in Russian).
3. Pakhotina I.V., Kashuba Yu.N., Ignatieva E.Yu., Triputin V.M. Evaluation of a collection of winter soft wheat for grain quality. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, № 7 (189), 2020, pp. 10-16 (in Russian).
4. Meleshkina E.P. Development of commodity classification of wheat grain // *Product quality control*, 2017, № 3, pp. 24-33 (in Russian).
5. Dolgodvorova L.I., Pylnev V.V., Buko O.A. [et al.]. Selection of field crops for quality - St. Petersburg: Lan, 2021, 256 p (in Russian).
6. Kosenko S.V. Evaluation of winter wheat varieties on the basis of "mass fraction of protein in grain". *Tauride Bulletin of Agrarian Science*, 2021, № 2 (26), pp. 109-115. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-109-115 (in Russian).
7. Sandukhadze B.I., Mamedov R.Z., Krakhmaleva M.S., Bugrova V.V. Scientific breeding of winter soft wheat in the Nonchernozem zone of the Russian Federation: history, methods and results // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, 25(4), pp. 367-373. DOI: 10.18699/VJ21.53-о. (in Russian).

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОРЛОВСКОГО БИОТИПА

С.Д. КАРАКОТОВ, академик РАН, **А.И. ПРЯНИШНИКОВ**, член-корр. РАН,
В.Н. ТИТОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
С.Е. ХВЕРЕНЕЦ, **В.М. ДЕЕВА**, **С.Ю. ДАНИЛОВ**, **И.Н. СМИТ**

АО «ЩЁЛКОВО АГРОХИМ»

На основе проведенных исследований с использованием SNP-типирования была выделена группа сортов, которые идентифицированы как Орловский биотип. В статье показаны генетические и фенотипические особенности растений данного биотипа. Подчеркнуто, что по результатам индексной оценки NDVI, сорта Орловского биотипа выделяются относительно быстрым характером развития первой половины вегетации при накоплении высокого уровня биомассы (0,89), которая при умеренных темпах репродуктивной фазы позволяет более эффективно реализовать их потенциал, по отношению к сортам других биотипов. Среди особенностей структуры продуктивности растений выделена их индивидуальность в продуктивности колоса, которая сопряжена с числом колосков в колосе, озерненности и массой зерна (более 2,0 гр.). Отмеченные параметры позволили сортам Орловского биотипа показать в селекционных питомниках 2022 года высокий уровень урожайности, а в экологическом испытании с сортами других селекцентров сформировать продуктивность более 150 ц/га (Ермоловка, Щелково 1 и Щелково 2). По результатам изучения селекционный образец Щелково 1 под названием Сократ передан на государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, молекулярные маркеры, полногеномное SNP типирование, индекс NDVI.

Для цитирования: Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Деева В.М., Данилов С.Ю., Смит И.Н. К характеристике сортов озимой пшеницы Орловского биотипа. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):48-53. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-48-53

TO THE CHARACTERISTICS OF VARIETIES OF WINTER WHEAT OF THE OREL BIOTYPE

**Karakotov S.D., Pryanishnikov A.I., Khverenets S.E., Titov V.N., Deeva V.M.,
Danilov S.Yu., Smit I.N.**

АО «SHCHELKOVO AGROCHEM»

Abstract: *Based on the studies conducted using SNP-typing, a group of varieties was identified as the Orel biotype. The article shows the genetic and phenotypic features of plants of this biotype. It was emphasized that according to the results of the NDVI index assessment, the varieties of the Oryol biotype are distinguished by the relatively rapid nature of the development of the first half of the vegetation with the accumulation of a high level of biomass (0.89), which, at moderate rates of the reproductive phase, allows them to more effectively realize their potential in relation to varieties of other biotypes. Among the features of the structure of plant productivity, their high individuality in the productivity of the ear is highlighted, which is associated with the number of spikelets in the ear, percentage of kernel and grain weight (more than 2.0 grams). The noted parameters allowed the varieties of the Oryol biotype to show a high level of yield in the breeding nurseries of 2022, and in the environmental test with the varieties of other breeding centers to form*

a productivity of more than 150 centners/ha (Yermolovka, Shchelkovo 1 and Shchelkovo 2). According to the results of the study, the breeding sample of Shchelkovo 1 called Socrates was transferred to the State Variety Testing of the Russian Federation.

Keywords: winter wheat, variety, molecular markers, whole-genome SNP typing, NDVI index.

Результаты

Ранее на основе полногеномного SNP-типирования селекционного материала по озимой пшенице АО «Щелково Агрохим», проведенного в ВНИИСХБ, и последующего кластерного анализа была выделена группа сортов, которые были нами идентифицированы как сорта Орловского биотипа [1]. В данную группу сортов вошли сорта Ермоловка, Синева, селекционные образцы Щелково 1, Щелково 2 и экспериментальная линия Тургеневская 200 ФНЦ ЗБК (рис. 1).

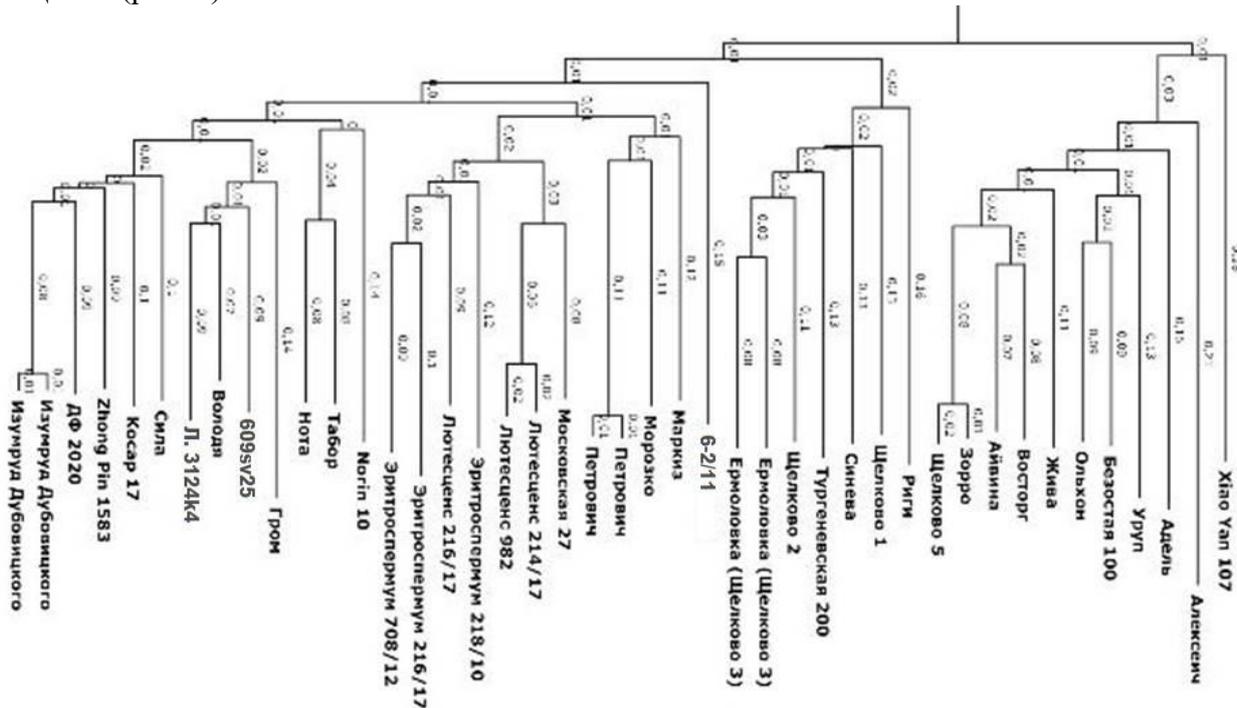


Рис. 1. Дендрограф кластерного анализа полногеномного SNP-типирования образцов озимой пшеницы

В характеристике, определяющей генетическую природу сортов Орловского биотипа, было подчеркнуто наличие молекулярных маркеров, сопряженных с системой их яровизации, качества зерновой продукции и низкорослости (табл. 1). Так у селекционной линии Щелково 1 отмечен маркерный ген низкорослости Rht1, а у Щелково 2 – Rht2. Среди маркеров, отвечающих за качественные свойства зерна, у образцов Тургеневская 200, Щелково 1 и Щелково 2 обнаружена локализация маркера гена Glu-A1. Помимо этого у селекционного номера Щелково 2 было обнаружено присутствие маркера гена Glu-B1, который, по мнению ряда ученых, сопряжен с формированием зерном пшеницы крепкой клейковины [2, 3]. Также у всех сортов биотипа обнаружено присутствие субъединиц 2+12 в аллельном состоянии гена Glu-D1, который по мнению ряда ученых оказывает негативное влияние на хлебопекарные свойства (Семенов, Дивашук, 2018). При анализе систем яровизации (Vrn) и фотопериодизма (Ppd) был типизирован характер, присущий сортам северного экотипа, у которого процессы яровизации протекают на пониженном температурном фоне (+2°C и ниже). Среди эталонных сортов, которым присущ такой характер, следует выделить сорта Мироновская 808 и Московская 39. Последнее заключение находит свое подтверждение и при индексной оценке NDVI сортов, которые проводились в различных питомниках испытания 2022 г.

Таблица 1

Характеристика сортов Орловского биотипа по отдельным генетическим маркерам

Сортообразец	Гены низкорослости			Маркеры качества зерна			
	Rht1	Rht2	Rht11	GluA1	GluB1	1B1R	2+12
Щелково 1							
Щелково 2							
Ермоловка							
Синева							
Тургеневская 200							

Зеленым фоном отмечено присутствие маркерного гена у сорта

Типизированный график кривой индексов NDVI во время вегетации у сорта Ермоловка представлен на рис. 2. В оценке помимо максимальных значений NDVI использовались площади под кривой, которые идентифицированы как индекс вегетации (ИВ) – общая площадь под кривой, индекс нарастания биомассы (ИНБ) – площадь под восходящей кривой, индекс репродуктивного периода (ИРП) – площадь под нисходящей кривой и индекс созревания (ИС) – отношение индекса нарастания биомассы к индексу репродуктивного периода. Кластерный анализ параметров индексной оценки NDVI в питомниках испытаний позволил выделить у сортов озимой пшеницы четыре основных типа формирования продуктивности (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика основных типов сортов по индексной оценке NDVI

Типы сортов	Индекс вегетации, S	Индекс нарастания биомассы, S+	Индекс репродуктивного периода, S-	NDVI, max	Индекс созревания
Тип 1*	72,56	44,96	27,60	0,89	1,65
Тип 2	72,67	48,79	23,88	0,88	2,06
Тип 3	71,14	47,04	24,10	0,90	1,96
Тип 4	68,82	44,81	23,92	0,87	1,88
F05	11,04**	5,31**	4,90**	7,14**	4,68**
НСР05	1,98	2,65	2,27	0,01	0,23

**) – жирным курсивом и цветом выделены параметры индексной оценки у сортов Орловского биотипа*

****) – значимо на 5 % уровне*

По результатам исследований подчеркнуто, что сорта Орловского биотипа характеризуются повышенными параметрами общей индексной оценки NDVI (ИВ – 72,56). В динамике развития растений выделяются быстрым накоплением биомассы (ИНБ – 44,96) при достижении максимального уровня показателя NDVI (0,89). Репродуктивная половина вегетации характеризуется умеренным темпом развития, что позволяет им более эффективно реутилизировать накопленные пластические вещества в зерновой продукции. О темпах развития второй половины вегетации свидетельствуют высокие параметры Индекса репродуктивного периода (ИРП – 27,60) и минимальны значения Индекса созревания (ИС – 1,65). Средний уровень урожайности у сортов в технологических опытах составил 97,45 ц/га.

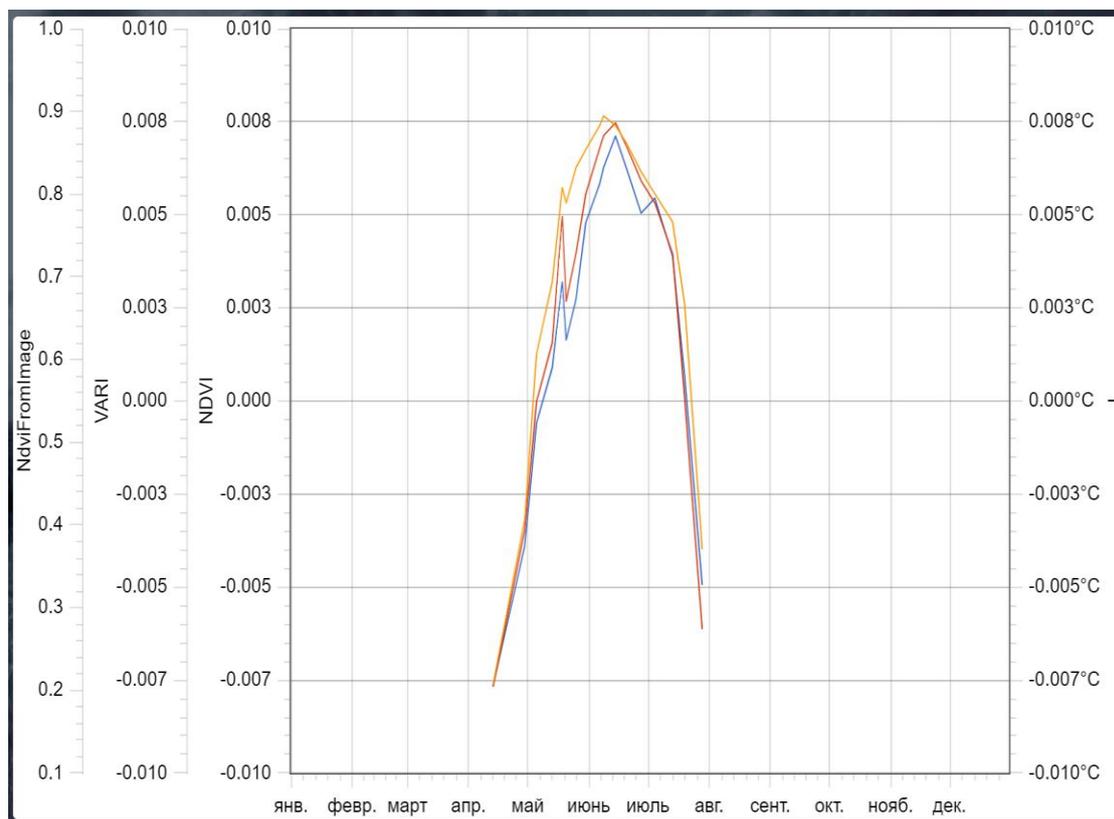


Рис. 2. График динамики индексной оценки NDVI у сорта Ермоловка в технологических опытах 2021/2022 гг. Технология максимальных возможностей — оранжевая
 Технология оптимальных решений — красная
 Традиционная технология — синяя

Отмеченные тенденции сохраняются и в оценке сортов Орловского биотипа в различных схемах их выращивания. В табл. 3 показаны параметры индексной оценки в опытах по технологической паспортизации сортов в конкурсном сортоиспытании. Выделенная ранее особенность умеренной реакции в процессах реутилизации пластических веществ во время репродуктивной фазы развития, подчеркнута показателем Индекса созревания, средняя величина которого равна – 1,68 (табл. 3).

Таблица 3

Параметры индексной оценки сортов озимой пшеницы Орловского биотипа в различных вариантах опыта и питомниках испытания, 2022 г.

Варианты опыта	Индекс вегетации, S	Индекс нарастания биомассы, S+	Индекс репродуктивного периода, S-	NDVI, max	Индекс созревания
Традиционная технология	69,74	43,89	25,85	0,88	1,70
Технология оптимальных решений	71,15	45,47	25,68	0,89	1,77
Технология высоких урожаев	76,71	43,71	33,00	0,91	1,34
Конкурсное сортоиспытание	76,02	49,66	26,36	0,91	1,89
Среднее	73,40	45,68	27,72	0,90	1,68

Ранее, в 2021 году, среди фенотипических особенностей сортов Орловского биотипа был отмечено сочетание высокого потенциала продуктивных свойств с относительно удовлетворительными критериями качества зерна [1]. Изучение урожайных свойств в различных питомниках 2022 года подтвердил данную особенность сортов Орловского биотипа. Так в технологиях высоких урожаев технологического опыта все сорта превзошли урожайность в 100 ц/га, а в конкурсном сортоиспытании образец Щелково 1 сформировал продуктивность растений на уровне 152,8 ц/га, Ермоловка – 144,9 ц/га. В питомнике экологического испытания, где для растений был сформирован повышенный фон минерального питания на сорте Ермоловка была зафиксирована урожайность в 165,7 ц/га, у Щелково 1 – 163,0 ц/га, а у Щелково 2 – 154,9 ц/га (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность сортов Орловского биотипа в различных испытаниях 2022 г.

Тип сортов	Урожайность сортов в питомниках испытания, ц/га			
	Технологический питомник	Конкурсное сортоиспытание	Экологическое сортоиспытание	Цирулев (Самара)
Щелково 1	118,7	152,8	163,0	70,6
Щелково 2	113,9	136,8	154,9	74,8
Ермоловка	107,9	144,9	165,7	74,1
Синева	112,3	140,0	-	69,4

Анализ структуры продуктивности растений позволил подчеркнуть их индивидуальность и по элементам продуктивности колоса. Сорта Орловского биотипа выделяет длинный (до 10,7 см – у Синева) и озерненный колос (до 45,5 зерен – у Щелково 1). Это позволяет даже при средних показателях массы 1000 зерен (42,0-45,9 гр.) формировать до 2,4 гр. зерна с колоса у Щелково 1 (табл. 5).

Таблица 5

Элементы структуры урожая у сортов озимой пшеницы селекции АО «Щелково Агрохим», 2022 г.

Тип сортов	Высота растений, см	Продуктивная кустист.	Длина колоса, см	Число колосков в колосе	Число зерен в колосе	Вес зерна с колоса, гр.	Вес 1000 зерен, гр.
Щелково 1	82,8	2,7	9,4	20,1	45,5	2,40	45,9
Щелково 2	77,2	3,6	8,7	18,6	39,0	1,80	42,0
Ермоловка	93,0	3,3	8,3	17,8	41,5	2,00	45,5
Синева	96,6	3,9	10,7	22,9	45,0	2,30	51,5
Изумруд Дубовицкого	72,8	4,0	6,2	13,3	24,4	1,20	44,9
Система	71,9	3,4	9,5	20,3	42,4	1,87	44,6
ДФ 2020	82,1	3,6	7,9	16,9	30,9	1,60	51,0
Интеза	77,6	3,7	8,1	17,3	34,1	2,00	55,1

Заключение

Таким образом, по результатам исследований показаны генетические и фенотипические особенности растений данного биотипа по отношению к другим сортам озимой пшеницы. Подчеркнуто, что по результатам индексной оценки NDVI, сорта Орловского биотипа выделяются относительно быстрым характером развития первой половины вегетации при накоплении высокого уровня биомассы (0,89), которая при умеренных темпах репродуктивной фазы позволяет более эффективно реализовать их потенциал, по отношению

к сортам других биотипов. Среди особенностей структуры продуктивности растений выделена высокая их индивидуальность в продуктивности колоса, которая сопряжена с числом колосков в колосе, его озерненности и массой зерна (более 2,0 гр.). Отмеченные параметры позволили сортам Орловского биотипа показать в селекционных питомниках 2022 года высокий уровень урожайности, а в экологическом испытании с сортами других селекцентров сформировать продуктивность более 150 ц/га (Ермоловка, Щелково 1 и Щелково 2). По результатам изучения селекционный образец Щелково 1 под названием Сократ передан в ГСИ РФ.

Литература

1. Каракотов С.Д., Карлов Г.И., Прянишников А.И. и др. К использованию алгоритмов маркерной селекции для улучшения сортов озимой пшеницы. // Вестник аграрной науки, – 2022. – № 3 (96). – С. 8-17.
2. Беспалова Л.А. Вклад генетики в "Зеленые прорывы" в селекции. // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы. Сборник тезисов международного конгресса. – 2019. – 423 с.
3. Дивашчук М.Г., Васильев А.В., Беспалова Л.А., Карлов Г.И. Идентичность генов короткостебельности Rht-11 и Rht-b1e. // Генетика, – 2012. – Т. 48. – № 7. – 897 с.

References

1. Karakotov S.D., Karlov G.I., Pryanishnikov A.I. et al. Toward the use of marker-assisted breeding algorithms to improve winter wheat varieties. // *Vestnik agrarnoi nauki*, 2022, №3 (96). – pp. 8-17.
2. Bespalova L.A. Contribution of genetics to «Green Breakthroughs» in breeding. // VII Congress of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders dedicated to the 100th anniversary of the Department of Genetics, SPbSU, and associated symposia. Collection of abstracts of the International Congress. 2019. – p. 423.
3. Divashchuk M.G., Vasil'ev A.V., Bespalova L.A., Karlov G.I. Identity of short stalkedness genes Rht-11 and Rht-b1e. // *Genetika*, 2012, v. 48, № 7. – p. 897.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ОТВАЛЬНОЙ И НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Е.И. СЕНИЧЕВ, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0001-3777-980X
E-mail: EugeneArt40@yandex.ru

ЛИПЕЦКИЙ НИИ РАПСА – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

В статье представлены результаты изучения особенностей формирования урожая и урожайность озимой пшеницы при отвальной и нулевой обработке почвы в условиях Московской области.

Урожайность – основной показатель эффективности агротехнических приемов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Обработка почвы является важным фактором, который влияет на величину урожая.

В последние годы в нашей стране активно распространились ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых сельскохозяйственных культур. Но в отечественной науке сложилось не однозначное отношение к этим технологиям.

В нынешних экономических условиях продолжается поиск наиболее эффективных технологий земледелия. Широкое распространение получили ресурсосберегающие технологии – технологии нулевой и минимальной обработок почвы. Нулевая обработка почвы и минимизация обработки почвы способны существенно снизить энергетические и трудовые затраты. Минимальные и нулевые обработки почвы можно рассматривать как альтернативный подход в системе обработки почвы. В то же время, минимальные и нулевые технологии обладают рядом неблагоприятных последствий: снижается фитосанитарное состояние посевов, развиваются грибные болезни и повышается засоренность посевов, увеличиваются расходы на пестициды.

В результате исследований проведена оценка эффективности сорта озимой пшеницы Тимирязевская юбилейная по хозяйственно ценным признакам и урожайности на различных типах обработки почвы.

Установлены связи урожайности, элементов структуры урожая с типами обработки почвы. Рассмотрено влияние типов обработки почвы на формирование емкости ценоза. Оценено влияние различной обработки почвы на продолжительность вегетационного периода озимой пшеницы. Выявлены связи, влияющие на формирование высокой урожайности в конкретных условиях.

Ключевые слова: обработка почвы, урожайность, продуктивность, качество зерна, озимая пшеница.

Для цитирования: Сеничев Е.И. Особенности формирования урожая озимой пшеницы при отвальной и нулевой обработке почвы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):54-60. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-54-60

CHARACTERISTICS OF WINTER WHEAT YIELD FORMATION USING MOLDBOARD PLOWING AND NO-TILLAGE METHODS

E.I. Senichev

LRR I – THE BRANCH OF FSBSI, FSC, ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF OIL CROPS, LIPETSK

Abstract: *The present article examines the results of the research on winter wheat yield formation characteristics and crop yield indices applying moldboard plowing and no-tillage in the Moscow region conditions.*

Yield is the leading indicator of agricultural practice efficiency in crop cultivation process. Soil tillage is a crucial factor that affects crop yield. Recently, resource-saving technologies for grain crop cultivation have been actively introduced in our country. However, withing the scientific sphere of our country there is a dubious attitude towards these technologies.

In the current economic climate, the search for the most efficient farming technologies continues. Resource-saving technologies - technologies of no-tillage and minimum tillage - have become fairly widespread. No-tillage and minimization of soil tillage can substantially reduce energy and labor costs. Minimal tillage and no tillage can be considered as an alternative approach withing the soil tillage system. At the same time, minimal and no or zero tillage technologies have a number of negative consequences: crop phytosanitary index is getting lower, fungal diseases start developing, weed infestation of crops increases, the same is for pesticide costs.

Thus, the research produced the performance evaluation of Timirjazevskaja Jubilejnaja winter wheat variety, the evaluation of its economically valuable traits and yield using various types of tillage.

The connections between yield crop structure elements and soil tillage methods have been established. The influence of soil tillage methods on coenosis formation has been considered. The influence of different soil tillage methods on winter wheat growing season duration has been assessed. The connections that influence the formation of high yields in specific conditions have been revealed.

Keywords: tillage, yield, productivity, grain quality, winter wheat.

Введение

В российском агропромышленном комплексе основным направлением считается производство зерновой продукции. По данным экспертно-аналитического центра агробизнеса в общей структуре посевных площадей пшеница занимает 30%, в том числе озимая пшеница – 21% [1].

Урожайность является основным показателем эффективности агротехнических приемов в технологии возделывания различных сельскохозяйственных культур. Одним из важнейших факторов, влияющих на величину урожая, является обработка почвы, под воздействием которой изменяется структура почвы, ее водно-воздушный и питательный режимы, а также биогенность [2, 3].

Современные технологии возделывания озимой пшеницы направлены как на получение высоких урожаев зерна заданного качества, так и на снижение затрат при производстве. Поэтому все больший интерес у производителей вызывают ресурсосберегающие системы земледелия, основанные на минимальных и нулевых технологиях обработки почвы, включая прямой посев [4, 5].

В условиях классического (традиционного) земледелия, использование системы ресурсосберегающей (нулевой) обработки почвы при возделывании озимой пшеницы по предшественнику викоовсяная смесь на зеленый корм обеспечит: получение планируемой урожайности, сохранение и повышение почвенного плодородия, снижение себестоимости продукции и повышение рентабельности производства зерна [6].

Цель исследований – выявить особенности формирования урожая, определить урожайность и структуру урожая озимой пшеницы при ее возделывании в 4-польном зернопропашном севообороте (предшественник – викоовсяная смесь на зеленый корм) с использованием двух различных по интенсивности и характеру воздействия на почву приемов обработки дерново-подзолистой почвы: отвальная вспашка на глубину пахотного (20-22 см) горизонта (традиционная технология) и нулевая обработка (технология прямого посева).

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в условиях стационарного многолетнего опыта. Почва опытного участка представлена дерново-среднеподзолистыми почвами на моренных суглинках. По гранулометрическому составу – это легкий песчано-крупнопылеватый суглинок. По всей

толщине почвы встречаются валуны. По агрохимическому составу имеет следующие показатели: легкогидролизуемый азот (по Тюрину и Кононовой) – 35 мг/кг (что соответствует низкому уровню), P_2O_5 (по Кирсанову) – 200-250 мг/кг (высокое содержание), K_2O (по Кирсанову) – 150-200 мг/кг (повышенное). Данная почва содержит 2,1-2,5% гумуса и является слабокислой, $pH_{вод}$ составляет 5,8-6,2.

Из представленных данных агрохимического состава можно сделать вывод, что почва опытного участка является хорошо окультуренной (по содержанию гумуса в пахотном слое, величине pH и содержанию подвижных форм фосфора и калия). По содержанию подвижного фосфора почва относится к 5 классу (высокая степень обеспеченности), подвижного калия – к 4 классу (повышенная степень обеспеченности). Потребность почвы в известковании слабая, pH водной вытяжки колеблется в пределах от 5,8 до 6,2 единиц. Таким образом, данная почва вполне пригодна для выращивания зерновых колосовых культур и получения их высокой урожайности.

Выращивание озимой пшеницы в условиях опыта по традиционной технологии включало отвальную вспашку на глубину 20-22 см (плуг Eur Opal), внесение основного удобрения, предпосевную обработку почвы (ZBC-30) и рядовой посев (сеялка Amazone D-9-30, междурядье 12 см).

В ресурсосберегающей технологии осуществляется прямой посев при нулевой обработке (сеялка Amazone DMC-Primer-3000, междурядье 18,8 см).

Норма высева семян озимой пшеницы на обоих вариантах опыта – 5,5 млн. всхожих семян/га. Для посева использовали репродукционные (РСт) семена, предназначенные для производства товарного зерна.

Удобрения сначала вносили перед посевом (200 кг комплексного минерального удобрения – азофоска, N16P16K16) в августе, а затем 2 азотные подкормки аммиачной селитрой: первая – весной, во время возобновления вегетации (в фазу кущения) и вторая в фазу колошения. Доза азота в каждую подкормку составляет 70 кг/га. Удобрения в подкормку вносят поверхностно. Для внесения удобрений используют Amazone ZAM-900.

Комплексная система защиты озимой пшеницы в опыте включает следующие мероприятия:

- 1) применение протравителей семян;
- 2) предпосевная обработка поля в прямом посеве гербицидом с действующим веществом глифосат;
- 3) осенняя обработка по всходам при появлении третьего листа баковой смесью: гербицид против двудольных + фунгицид (в 2019 г. использовали баковую смесь: Алистер Гранд, МЭ; 0,8 л/га + Амистар Экстра, СК; 0,8 л/га);
- 4) обработка посевов фунгицидами в фазу колошения;
- 5) обработка регуляторами роста против полегания пшеницы.

Для уборки урожая использовали селекционный комбайн Сампо-Ростов 2010 с шириной жатки 1,4 м. Она проводится в фазу полной спелости зерна с одновременным дробным учетом урожая. Была обеспечена 4-кратная повторность при учете урожая в каждом варианте опыта. Потом проводилась сортировка для получения чистого зерна, не содержащего сора и примесей, и сушка (до стандартной влажности – 14%).

Объектом исследований является озимая пшеница нового перспективного сорта – Тимирязевская юбилейная, прошедшая государственное сортоиспытание в 2022 году.

В течение вегетационного периода проводили визуальную оценку развития культуры. Во время уборки урожая отбирали образцы растений для анализа структуры урожая, который включает в себя: масса и длина стеблей, общая и продуктивная кустистость, количество колосьев, масса зерна с одного колоса, количество зерен с 1 колоса, масса 1000 зерен, а также определение биологической урожайности. Полученные данные позволят оценить также агротехнику возделывания культуры и внести в нее корректировки.

Уборка урожая озимой пшеницы проводилась в фазу полной спелости зерна.

Результаты и их обсуждение

Анализируя погодные условия в годы проведения исследований видно, что по температурному режиму наблюдались отклонения от среднесуточных данных, особенно в 2019-2020 гг. Зимний период характеризовался малыми отрицательными температурами и небольшим снежным покровом. Так же вегетация 2019-2020 гг. характеризовалась достаточным увлажнением, которое находилось на уровне со среднесуточными данными. Подводя итог по метеорологическим условиям за исследуемые года, можно заключить что по обеспечению влагой и теплом, более благоприятным был 2019-2020 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия за 2018-2020 гг.

Год	Месяц											Среднее за вегетацию
	Сент.	Окт.	Ноя.	Дек.	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	
Среднесуточная температура воздуха, °С												
Климатическая норма	11,0	5,0	-1,2	-6,0	-9,3	-7,6	-2,1	5,9	13,1	16,8	18,3	3,9
2018-2019 гг.	14,8	7,6	-0,5	-5,4	-6,4	-1,4	0,8	8,3	16,1	19,6	16,7	6,4
2019-2020 гг.	12,4	8,8	1,9	0,9	0,1	-0,1	4,0	4,9	11,7	18,9	18,6	7,5
Осадки, мм												
Климатическая норма	65,0	60,0	59,0	55,0	43,0	36,0	35,0	44,0	53,0	77,0	91,0	56,2
2018-2019 гг.	76,1	53,8	16,0	48,5	61,4	28,6	38,6	7,6	58,3	54,6	63,9	46,1
2019-2020 гг.	10,8	58,9	35,7	30,7	50,3	40,9	47,7	24,5	54,2	66,9	60,2	43,7

За весь период вегетации культуры проводились фенологические наблюдения, определялась продолжительность вегетации озимой пшеницы в условиях опыта и метеорологических условиях года.

Озимая пшеница хорошо перезимовала, рано возобновила весеннюю вегетацию. Благоприятная погода в апреле и мае способствовала дальнейшему быстрому росту и развитию. Умеренное количество осадков сопровождало цветение, формирование, налив и созревание зерна пшеницы.

По годам исследований существенной разницы по длине вегетационного периода не наблюдалось (табл. 2).

Таблица 2

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений озимой пшеницы

Фенологические фазы	Календарная дата наступления фенофазы		Продолжительность межфазных периодов, дней		Формирование элементов продуктивности
	2018-2019 гг.	2019-2020 гг.	2018-2019 гг.	2019-2020 гг.	
Посев	3 сентября	2 сентября	-	-	-
Всходы	10 сентября	9 сентября	7	7	Густота стояния растений
Начало осеннего кушения	19 сентября	21 сентября	9	12	Габитус растения (высота, число листьев), число члеников колосового стержня и колосков в колосе
Окончание осенней вегетации	25 октября	26 октября	36	36	
Возобновление весенней вегетации, кушение	8 апреля	9 апреля	165	166	
Выход в трубку (стеблевание)	13 мая	8 мая	35	30	Число цветков в колосках, фертильность цветков
Колошение	22 мая	20 мая	9	12	Фертильность цветков
Цветение	28 мая	30 июня	6	10	
Молочная спелость	2 июня	7 июня	5	7	Озерненность колоса
Восковая спелость	24 июня	28 июля	22	21	Размер зерновки
Полная спелость (уборка)	6 июля	20 июля	12	14	Масса зерновки
Вегетационный период	-	-	306	315	-

Период вегетации озимой пшеницы в 2018-2019 гг. составил 306 дней, 2019-2020 гг., от посева до полной спелости зерна составил 315 дней.

В целом наблюдаются незначительные удлинения межфазных периодов в вегетационном периоде 2020 г. по отношению к 2019 г., но общая продолжительность вегетации была практически одинаковой.

В 2019 г., при возделывании озимой пшеницы по традиционной технологии, была получена урожайность зерна – 3,59 и 7,46 т/га фактическая (хозяйственная) и биологическая урожайность соответственно. Урожайность зерна в технологии прямого посева (нулевая обработка почвы) была значительно меньше – на 1,04 т/га (на 30%) меньше фактическая урожайность и на 2, 22 т/га (также на 30 %) – биологическая урожайность (табл. 3).

Таблица 3

Хозяйственная и биологическая урожайность озимой пшеницы

Обработка почвы	Урожайность зерна, т/га			Продуктивные побеги, шт./м ²
	хозяйственная	биологическая	контроль	
2019 г.				
Отвальная вспашка	3,59±0,19	7,46±0,91	1,17±0,13	638±30
Нулевая обработка	2,55±0,16	5,24±0,40	1,60±0,11	328±13
2020 г.				
Отвальная вспашка	6,8±0,3	8,83±0,28	3,98±0,44	818±43
Нулевая обработка	6,0±0,4	7,98±0,74	4±0,21	691±89

2020 г. оказался более урожайным, по традиционной технологии была получена наиболее высокая в условиях опыта урожайность зерна – 6,8 и 8,83 т/га фактическая (хозяйственная) и биологическая урожайность соответственно. Урожайность зерна в технологии прямого посева (нулевая обработка почвы) была меньше – на 0,8 т/га меньше фактической урожайности и на 0,85 т/га – биологическая урожайность.

Так же наблюдается закономерное влияние азотных удобрений на урожай озимой пшеницы сорта Тимирязевская юбилейная. На контрольных вариантах по двум технологиям обработки почвы, были получены меньшие урожайности по годам исследований.

Одним из важных показателей эффективности агротехнических приемов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, как и технологии в целом, является такой показатель, как количество зерен, полученных с единицы площади – емкость ценоза (табл. 4).

Исходя из данных таблицы 4 видно, что в варианте опыта с отвальной вспашкой озимая пшеница показывает значительно лучшие результаты по данному, в последнее время, значимому показателю. В 2020 г., на отвальной вспашке, удалось добиться значений равных практически 2 зернам с каждого см², что считается очень хорошим результатом.

Таблица 4

Емкость ценоза

Показатель	Обработка почвы			
	Отвальная вспашка		Нулевая обработка	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Емкость ценоза, шт. зерен/м ²	17852	19694	11704	16314

На нулевой обработке этот показатель чуть меньше и равен 1,6 зерна/см². По отношению к 2019 г., на отвальной вспашке емкость ценоза увеличилась на 1,1 раза, а на нулевой обработке в 1,4 раза.

Рассмотрим отдельные элементы структуры урожая, 2020 г., озимой пшеницы в сравнении с 2019 годом (табл. 5).

Высота побегов: 2020 г. был более благоприятным по климатическим условиям, а особенно по влагообеспеченности, благодаря чему удалось получить более высокие побеги по всей длине вегетации, по сравнению с 2019 г.

Таблица 5

Элементы структуры урожая озимой пшеницы

Показатели	Обработка почвы			
	Отвальная вспашка		Нулевая обработка	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Высота побегов, см	71±2,28	81±3	66±1,43	80±3
Продуктивные побеги, шт./м ² :	638±30	818±43	328±13	691±89
- главный побег	446±49	729±31	254±11	626±81
- побеги кущения	192±25	85±17	74±5	65±16
- контроль	-	523±86	-	478±98
Масса зерна с 1 колоса, г:	1,38±1,19	1,62±0,09	1,51±0,18	1,64±0,13
- главный побег:	-	1,16±0,03	-	1,27±0,11
- побеги кущения:	-	0,46±0,08	-	0,34±0,07
- контроль	-	1,29±0,15	-	1,00±0,00
Число зерен с 1 колоса, шт.:	34±2,23	43±1	42±1,96	45±2
- контроль	-	38±4	-	39±6
Масса 1000 зерен, г:	44,26±1,60	50,04±0,94	47,53±1,49	51,26±0,48
- контроль	-	47,09±1,38	-	51,00±4,00
Масса снопа без корней, г:	-	207,79±19,14	-	156,09±18,15
- контроль	-	130,63±44,42	-	111,00±37,00
К хоз	-	0,42	-	0,53

Число продуктивных побегов является во многом определяющим показателем, оказывающим наибольшее влияние на величину урожая. Так, в 2020 г. общее количество продуктивных побегов составило 818 шт./м² на отвальной вспашке и 691 шт./м² на нулевой обработке. По отношению к 2019 г. традиционная вспашка была лучше в 1,3 раза, а нулевая обработка в 2,1 раза.

Масса и число зерен с 1 колоса так же не менее важный показатель, который влияет на урожайность. Здесь наблюдается такая же ситуация. В 2020 г. по обеим технологиям обработки почвы были получены лучшие результаты, чем в 2019 г., а именно 1,38 г зерна с колоса в 2019 г. против 1,62 г в 2020 г. на отвальной вспашке и 1,51 г против 1,64 г на нулевой обработке. Такая же ситуация и с числом зерен с одного колоса. В 2019 г. масса зерен с одного колоса составила 34 г на отвальной вспашке, а на нулевой обработке 42 г, в 2020 г. эти показатели были равны 43 г и 45 г соответственно.

Выводы

1. Погодные условия имели влияние на формирование урожая озимой пшеницы и в 2019-2020 гг. удалось получить более высокую урожайность.
2. На длину вегетационного периода влияния обработок почвы не выявлено.
3. Хозяйственная и биологическая урожайность на контрольном варианте в 2020 году была существенно выше, чем в 2019 г., за счет формирования большего количества продуктивных побегов. Рассматривая каждую обработку по отдельности видно, что и в 2019 и 2020 гг. традиционная обработка почвы имела преимущества по сравнению с нулевой обработкой почвы.
4. Такие же результаты наблюдаются в показателе емкости ценоза и по элементам структуры урожая, традиционная обработка почвы имела преимущества, существенно заметные в 2020 г.

Таким образом, общепринятая традиционная технология возделывания озимой пшеницы в проведенных исследованиях на дерново-подзолистой почве имела преимущества по влиянию на урожайность в сравнении с технологией прямого посева (нулевая обработка почвы).

Литература

1. Баринаева Е. В., Кульчикова Ж.Т. Приоритетные направления развития производства яровой и озимой пшеницы в России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3 (48). – С. 92-97.
2. Егоров Н. М., Зеленев А.В., Беленков А.И. Эффективность основной обработки почвы и сортов при выращивании озимой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (220). – С. 50-57. DOI 10.53083/1996-4277-2023-220-2-50-57.
3. Бобкова Ю.А. Изменение урожайности и качества полевых культур в зависимости от приема основной обработки почвы // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 3(78). – С. 3-8. – DOI 10.15217/issn2587-666X.2019.3.3.
4. Вильчевский А.В. Обоснование применения минимальной обработки почвы // Общество. – 2021. – № 3 (22). – С. 21-24.
5. Синешкоков В.Е., Васильева Н.В., Дудкина Е.А. Роль погодных условий в формировании продуктивности колосовых культур при минимизации зяблевой обработки // АПК России. – 2018. – Т. 25, – № 2. – С. 228-233.
6. Борин А.А. Лощинина А.Э. Технологии возделывания полевых культур при уменьшении интенсивности воздействия на почву // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: Сборник тезисов докладов участников II Международной научно-практической конференции, Керчь, 19-23 мая 2021 года / Под общей редакцией Е.П. Масюткина. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», – 2021. – С. 74-77.

References

1. Barinova E. V., Kul'chikova Zh.T. Prioritetnye napravlenija razvitiija proizvodstva jarovoj i ozimoj pshenicy v Rossii [Priority areas of development of spring and winter wheat production in Russia] // *Economy, labor, management in agriculture*. - 2019. - No. 3(48). - pp. 92-97. (In Russian)
2. Egorov N. M., Zelenev A.V., Belenkov A.I. Jefferktivnost' osnovnoj obrabotki pochvy i sortov pri vyrashhivanii ozimoj pshenicy [Efficiency of the main soil tillage and varieties in winter wheat cultivation] // *Bulletin of Altai State Agricultural University* - 2023. - No. 2 (220). - pp. 50-57. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-220-2-50-57. (In Russian)
3. Bobkova Ju.A. Izmenenie urozhajnosti i kachestva polevyh kul'tur v zavisimosti ot priema osnovnoj obrabotki pochvy [Changes in yield and quality of field crops depending on the method of the basic soil treatment] // *Bulletin of agrarian science*. - 2019. - No. 3 (78). - pp. 3-8. – DOI 10.15217/issn2587-666X.2019.3.3. (In Russian)
4. Vil'chevskij A. V. Obosnovanie primenenija minimal'noj obrabotki pochvy [Rationale for minimal soil tillage use // *Obshhestvo*. - 2021. - No. 3(22). - pp. 21-24. (In Russian)
5. Sineshhekov V.E., Vasil'eva N.V., Dudkina E.A. Rol' pogodnyh uslovij v formirovanii produktivnosti kolosovyh kul'tur pri minimizacii zjablevoj obrabotki [The role of weather conditions in ear-forming crops yield formation while minimizing autumn tillage] // *APK Rossii*. - 2018. - V. 25, No. 2. - pp. 228-233. (In Russian)
6. Borin A.A. Loshhinina A.Je. Tehnologii vozdelevanija polevyh kul'tur pri umen'shenii intensivnosti vozdeystvija na pochvu [Field crops cultivation technologies decreasing the intensity of impact on the soil] // *Innovacionnye napravlenija integracii nauki, obrazovanija i proizvodstva : Sbornik tezisov dokladov uchastnikov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Kerch', 19–23 maja 2021 goda [Innovative areas for the integration of science, education and production: Collection of abstracts of the reports from the participants of the II International Scientific and Practical Conference, Kerch, May 19–23, 2021] / Pod obshhej redakciej E.P. Masjutkina. [Under the general editorship of E.P. Masyutkin]. - Kerch': FGBOU VO «Kerchenskij gosudarstvennyj morskoy tehnologicheskij universitet» [the Kerch State Marine Technology University], 2021. - pp. 74-77. (In Russian)*

ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЛИСТОВЫМ ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ

И.Д. ФАДЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-8453-5437

E-mail: fad-ir2540@mail.ru

Ф.Ф. КУРМАКАЕВ, ORCID ID: 0000-0003-2217-3060, E-mail: agronome131@mail.ru

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОБОСОБЛЕННОЕ СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ
ФИЦ КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН, Г. КАЗАНЬ

Цель исследования – оценить устойчивость сортов озимой мягкой пшеницы к мучнистой росе, бурой листовой ржавчине и реакцию сортов на фунгицидную защиту посева. Объектом исследований являлись 17 сортов экологического сортоиспытания различного эколого-географического происхождения. В среднем за 2020-2022 гг. распространенность мучнистой росы на сортах озимой пшеницы составила 74,1%, а интенсивность развития варьировала в зависимости от сорта от 24,6% до 55,2%. Наиболее высокая интенсивность развития мучнистой росы была отмечена у сортов Умка (55,2%), ЭН Альбирео (48,6%) и Скипетр (45,6%). Распространенность бурой ржавчины составила 74,2%. Максимальная интенсивность развития бурой ржавчины отмечена на сортах Умка (52,4%), Бирюза (45,2%) и Льговская 4 (42,5%). Минимальным поражением бурой ржавчиной отмечены сорта Султан (20,5%), ЭН Альбирео (22,5%), Аленушка (25,6%). Биологическая эффективность препарата Титул Дуо (0,25 л/га) составила 83,3%. Фунгицидная обработка посева повысила урожайность сортов в среднем по сортам на 0,35 т/га. Максимальную прибавку после фунгицидной обработки показали сорта Бирюза (0,56 т/га), Льговская 4 (0,55 т/га), ЭН Альбирео (0,50 т/га). Сорта Ильвина, ЭН Альбирео и Льговская 4 способны формировать высокие урожаи зерна без фунгицидной обработки посева. Основной вклад в варьирование урожайности вносил фактор «сорт» (68,87%); зависимость урожайности от фунгицидной обработки составила 16,18%. На специфическое взаимодействие «сорт x фунгицид» приходилось 2,69%.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, устойчивость, мучнистая роса, бурая ржавчина, урожайность.

Для цитирования: Фадеева И.Д., Курмакаев Ф.Ф. Оценка сортов озимой пшеницы на устойчивость к листовым грибным болезням. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):61-67. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-61-67

EVALUATION OF WINTER WHEAT VARIETIES FOR RESISTANCE TO LEAF FUNGAL DISEASES

I.D. Fadeeva, F.F. Kurmakaev

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – SSU FRC «KazSC RAS»

Abstract: *The purpose of the study is to evaluate the resistance of winter soft wheat varieties to powdery mildew, brown leaf rust and the response of varieties to fungicidal protection of crops.. The object of research was 17 varieties of ecological variety testing of various ecological and geographical origin. Average for 2020-2022 the prevalence of powdery mildew on varieties of winter wheat was 74.1%, and the intensity of development varied depending on the variety from 24.6% to 55.2%. The highest intensity of development of powdery mildew was noted in varieties Umka (55.2%), EN Albireo (48.6%) and Skipetr (45.6%). The prevalence of leaf rust was 74.2%.*

The maximum intensity of leaf rust development was noted on varieties Umka (52.4%), Biryuza (45.2%) and Lgovskaya 4 (42.5%). Varieties Sultan (20.5%), EN Albireo (22.5%), Alyonushka (25.6%) were marked with minimal brown rust damage. The biological effectiveness of the drug Title Duo (0,25 l/ha) was 83.3%. Fungicidal treatment of sowing increased the yield of varieties by an average of 0.35 t/ha. The maximum increase after fungicidal treatment was shown by varieties Biryuza (0.56 t/ha), Lgovskaya 4 (0.55 t/ha), EN Albireo (0.50 t/ha). Varieties Ilvina, EN Albireo and Lgovskaya 4 are able to form high grain yields without fungicidal treatment of crops. The main contribution to the yield variation was made by the "variety" factor (68.87%); dependence of yield on fungicidal treatment was 16.18%. The specific interaction "variety x fungicide" accounted for 2.69%.

Keywords: winter wheat, variety, resistance, powdery mildew, leaf rust, yield.

Введение

Защита растений от листостебельных болезней злаковых культур должна быть организована на основе продуманной системы профилактических мероприятий. Считается, что одним из наиболее эффективных и экологически обоснованных способов борьбы с листостебельными заболеваниями является возделывание устойчивых и слабовосприимчивых сортов пшеницы [1]. Критериями для определения регионов районирования сортов, включенных в государственный реестр селекционных достижений и допущенных к использованию на территории РФ, являются морфологические, биометрические, физиологические, технологические параметры, а также устойчивость к наиболее экономически значимым болезням. В качестве фитопатологического показателя используется степень устойчивости или восприимчивости сортов по сравнению со стандартом, но при этом совсем не учитывается генетическая основа. Недооценка данного факта может привести к широкому районированию однородных по генам сортов, что в недалеком будущем вызовет сдвиг в популяционном составе фитопатогенов, появление и быстрое нарастание новых рас и, как результат, значительные потери урожая. Как известно, бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina*) до настоящего времени остается одной из вредоносных болезней пшеницы во всех зонах ее возделывания, что предопределяет актуальность непрерывной селекции для создания ржавчиноустойчивых сортов [2]. Более 40% изученных сортов озимой пшеницы имеют разные уровни полевой устойчивости к листовой ржавчине, вызываемой грибом *Puccinia triticina* Erikss и выявлено три сорта с эффективным геном устойчивости взрослого растения Lr37 [3]. Урожайность и качество зерна в значительной степени зависит от фитосанитарного состояния посевов озимой пшеницы, в частности, от развития болезней. Распространенность и вредоносность листостебельных заболеваний пшеницы в значительной мере зависит от температурных условий в период вегетации культуры и от условий увлажнения [4]. Мучнистая роса в среднем Поволжье распространена повсеместно на озимой и яровой пшенице, иногда на ячмене и овсе. Мучнистая роса, как правило, проявляется вместе с другими листовыми болезнями (ржавчина, септориоз). Вредоносность заболевания выражается в снижении количества урожая и его качества (снижается процент белка и крахмала). Вместе с уменьшением ассимиляционной поверхности листьев разрушаются хлоропласты и другие пигменты. При поражении 24,2-68,3% поверхности флаг-листа в фазе молочной спелости, теряется от 8,3 до 21,2% урожая озимой пшеницы.

Наиболее благоприятные условия для распространения и развития бурой ржавчины создаются при теплой погоде (20-22°C) и высокой влажности воздуха. Потери урожая могут достигать 10-20%. Интенсивному развитию бурой ржавчины способствует холодная и затяжная весна с частыми осадками [5]. Споры возбудителей болезней раскрываются только в присутствии капельножидкой влаги. От растения к растению споры возбудителей интенсивно распространяются также с помощью влаги, и особенно интенсивно брызгами при дожде с ветром [6]. В результате развития болезней происходит значительное снижение не только урожайности, но и ухудшение качественных характеристик зерна пшеницы [7, 8, 9].

Даже в условиях недостатка влаги и слабого развития листовых болезней, комплексная защита растений обеспечивает существенное повышение урожайности озимой пшеницы [10].

Урожайность сорта является результатом сложного взаимодействия генотипа не только с почвенно-климатическими условиями, но и технологическими приемами возделывания [11]. Сельхозпроизводители просят помощи у ученых, им нужны новые культуры и сорта, экономно расходующие влагу и питательные вещества, устойчивые к высоким температурам и воздушной засухе, обладающие устойчивым иммунитетом к болезням. Они просят пересмотреть основные элементы технологий возделывания для условий изменившегося климата [12]. Разработка сортовых зональных технологий возделывания пшениц, сочетающих принципы максимальной экономической эффективности, продуктивности и безопасности, внедрение новых высокопластичных сортов являются ключевыми средствами повышения эффективности работы целого комплекса отраслей народного хозяйства, включающего различные отрасли сельского хозяйства, кормопроизводства, мукомольного, крупяного и хлебопекарного производства.

Цель исследования – оценить устойчивость сортов озимой мягкой пшеницы к мучнистой росе, бурой листовой ржавчине.

Материалы и методы исследований

В 2020-2022 годах на полях Татарского НИИСХ проведены исследования с целью изучения влияния фунгицидной обработки на урожайность сортов экологического испытания озимой пшеницы. Схема опыта: фактор А – 17 сортов экологического испытания; фактор В – фунгицидная обработка препаратом Титул Дуо в дозе 0,25 л/га в фазу колошения. Предшественник – чистый пар. Посев проводили по общему фону сложных минеральных удобрений из расчета под планируемую урожайность 5 т/га сеялкой ССФК-7. Закладку опытов осуществляли в соответствии с методикой полевого опыта (Б.А.Доспехов, 2014). Предпосевное протравливание семян проводилось препаратом Виал Траст (тебуконазол+тиабендазол) в дозе 0,4 л/т. Опрыскивание посевов проводилось вручную, ранцевым опрыскивателем с расходом рабочей жидкости 200 л/га. Почва в опыте – серая лесная, среднесуглинистая. Содержание в пахотном слое: гумуса (по Тюрину) – 3,1-3,4%; рН сол. – 5,2-5,5; К₂O (по Кирсанову) – 122-145 мг/кг почвы, Р₂O₅ (по Кирсанову) – 262-271 мг/кг почвы. Норма высева всхожих семян – 5,5 млн шт./га. Площадь деланки 25 кв. метров в трехкратной повторности. Агротехника возделывания культуры общепринятая для зоны. Полученные результаты обрабатывали методами дисперсионного анализа с использованием пакета программ Excel.

Метеоусловия в годы проведения опытов различались (табл.1): 2020 и 2022 условия весенне-летней вегетации были более влажными, 2021 год – сухой с ГТК 0,45.

Таблица 1

Метеоусловия в годы проведения опытов

Метеопараметры	Среднемноголетние значения	2019-2020	2020-2021	2021-2022
Среднегодовая температура °С, в том числе:	3,7	6,7	5,2	5,5
«апрель – октябрь»	12,3	13,4	15,2	13,6
«ноябрь – март»	- 8,5	-2,8	- 8,9	-5,8
Годовые осадки, мм в том числе:	504	448	429	660
«апрель – октябрь»	349	313	193	407
«ноябрь – март»	155	135	236	253
ГТК за период апрель-июль		0,8	0,45	3,97

Результаты и обсуждение

В среднем за 2020-2022 гг. распространенность мучнистой росы на сортах озимой пшеницы составила 74,1% (табл.2). Биологическая эффективность применения фунгицида Титул Дуо достигла 86,9%. Интенсивность развития мучнистой росы варьировала в зависимости от сорта от 24,6% до 55,2%. Наиболее высокая интенсивность развития

мучнистой росы была отмечена у сортов Умка (55,2%), ЭН Альбирео (48,6%) и Скипетр (45,6%).

Таблица 2

Распространенность и интенсивность развития мучнистой росы, 2020-2022 гг.

Сорт	Распространенность, %	Биологическая эффективность фунгицида, %	Интенсивность развития %	Биологическая эффективность фунгицида, %
Казанская 560	75,3	86,1	30,4	84,2
Универсиада	67,0	84,4	30,3	82,4
Султан	65,5	90,5	24,6	85,6
Ильвина	70,2	89,1	28,6	86,8
Московская 39	60,2	86,4	30,5	84,5
Безенчукская 380	75,2	88,3	29,8	82,6
Умка	74,3	86,4	55,2	91,2
ЭН Тайгета	70,5	85,2	30,8	88,9
ЭН Альбирео	80,2	89,5	48,6	78,9
ЭН Цефей	75,6	84,4	38,6	82,3
ЭН Фотон	78,6	86,6	32,5	80,2
Скипетр	80,5	86,2	45,6	78,9
Льговская 4	75,5	88,1	31,8	84,2
Бирюза	73,6	85,4	32,6	82,3
Эстафета	82,0	88,5	30,6	80,4
Аленушка	80,1	84,3	34,5	82,3
Миг	75,2	89,2	31,6	80,6
Среднее значение	74,1	86,9	34,5	83,3
НСР ₀₅	3,02	3,17	4,71	6,53

В 2020 и 2022 годах складывались более благоприятные условия для развития грибных листовых болезней, в 2021 году засуха привела к преждевременному усыханию листовых пластинок и снижению распространенности бурой листовой ржавчины. В среднем за 2020-2022 год распространенность бурой ржавчины составила 74,2% (табл. 3).

Таблица 3

Распространенность и интенсивность развития бурой ржавчины, 2020-2022 гг.

Сорт	Распространенность, %	Биологическая эффективность фунгицида, %	Интенсивность развития, %	Биологическая эффективность фунгицида, %
Казанская 560	68,7	87,9	30,5	84,5
Универсиада	72,8	90,2	35,5	86,4
Султан	59,8	87,0	20,5	82,4
Ильвина	72,8	80,4	35,8	88,5
Московская 39	70,6	89,0	28,4	83,5
Безенчукская 380	68,7	88,2	45,0	80,5
Умка	78,9	85,4	52,4	88,6
ЭН Тайгета	75,6	88,6	25,6	80,2
ЭН Альбирео	77,6	85,4	22,5	82,3
ЭН Цефей	82,3	90,2	32,0	84,5
ЭН Фотон	75,6	87,9	30,2	82,6
Скипетр	70,6	88,9	29,5	80,2
Льговская 4	74,6	88,5	42,5	84,2
Бирюза	78,6	90,6	45,2	80,2
Эстафета	80,5	90,2	38,9	82,1
Аленушка	75,6	87,9	25,6	82,4
Миг	77,8	88,9	26,8	82,5
Среднее значение	74,2	88,0	33,4	83,3
НСР ₀₅	5,77	9,16	6,16	5,71

На сорте ЭН Цефей отмечалось наибольшее количество пораженных бурой ржавчиной растений (82,3%), наименьшее у сорта Султан (59,8%). Интенсивность развития бурой листовой ржавчины на растениях сортов экологического сортоиспытания составила в среднем по сортам 33,4%. Максимальная интенсивность развития бурой ржавчины отмечена на сортах Умка (52,4%), Бирюза (45,2%) и Льговская 4 (42,5%). Минимальным поражением бурой ржавчиной отмечены сорта Султан (20,5%), ЭН Альбирео (22,5%), Аленушка (25,6%). Биологическая эффективность препарата составила 83,3%.

Фунгицидная обработка посева повысила урожайность сортов (табл.4) в среднем по сортам на 0,35 т/га. Максимальную прибавку после фунгицидной обработки показали сорта Бирюза (0,56 т/га), Льговская 4 (0,55 т/га), ЭН Альбирео (0,50 т/га). Данные сорта в большей мере поражались листовыми болезнями: Умка, ЭН Альбирео и Скипетр - мучнистой росой, а Льговская 4, Бирюза и также Умка – бурой листовой ржавчиной. Однако, несмотря на высокое поражение мучнистой росой (48,6%), сорт Альбирео смог сформировать высокую урожайность (4,15 т/га) на фоне без использования фунгицида, что говорит о толерантности сорта к данной инфекции.

Таблица 4

Влияние фунгицидной обработки посева на урожайность сортов озимой пшеницы

Сорт	- Фунгицид				+ Фунгицид				+ -
	2020	2021	2022	Средняя 2020-2022	2020	2021	2022	Средняя 2020-2022	
Казанская 560	3,50	3,30	3,71	3,50	3,96	3,52	3,92	3,80	0,30
Универсиада	4,15	3,72	4,43	4,10	4,60	3,79	4,80	4,40	0,30
Султан	3,85	3,50	4,05	3,80	4,28	3,62	4,15	4,02	0,22
Ильвина	4,36	3,95	4,28	4,20	4,68	4,05	4,78	4,50	0,30
Московская 39	3,45	3,28	3,58	3,44	3,95	3,38	3,88	3,74	0,30
Безенчукская 380	3,41	2,85	3,38	3,21	3,68	3,10	3,78	3,52	0,31
Умка	3,61	3,15	3,73	3,50	4,12	3,51	4,21	3,95	0,45
ЭН Тайгета	3,68	3,03	3,55	3,42	3,75	3,5	3,91	3,72	0,30
ЭН Альбирео	4,39	3,79	4,28	4,15	4,75	4,21	4,98	4,65	0,50
ЭН Цефей	3,91	3,68	3,86	3,82	4,28	3,82	4,36	4,15	0,33
ЭН Фотон	3,98	3,43	3,72	3,71	4,00	3,50	4,32	3,94	0,23
Скипетр	3,71	3,38	3,80	3,63	4,25	3,72	4,32	4,10	0,47
Льговская 4	3,85	3,41	3,68	3,65	4,45	3,68	4,48	4,20	0,55
Бирюза	3,98	3,32	4,21	3,84	4,59	3,82	4,78	4,40	0,56
Эстафета	3,54	2,76	3,45	3,25	3,36	3,20	3,89	3,48	0,23
Миг	3,37	2,75	3,48	3,20	3,58	3,00	3,68	3,42	0,22
Среднее по сортам	3,80	3,33	3,82	3,65	4,14	3,59	4,27	4,00	0,35
НСР ₀₅ по А=0,17; НСР ₀₅ по В=0,08; НСР ₀₅ по АВ=0,04									

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ (табл. 5) показал, что основной вклад в варьирование урожайности вносит фактор «сорт» (68,87%); зависимость урожайности от фунгицидной обработки составила 16,18%. На специфическое взаимодействие «сорт x фунгицид» приходится 2,69%.

Таблица 5

Доля влияния факторов на варьирование урожайности, 2020-2022 гг.

Источник вариации	SS	df	MS	F	F критическое	Доля влияния, %
Общая	19,03	101				
Фактор А (сорт)	13,11	16	0,819	23,868	1,79	68,87
Фактор В (фунгицид)	3,08	1	3,081	89,792	3,98	16,18
Взаимодействие А х В	0,51	16	0,032	0,932	1,79	2,69
Ошибка	2,33	68	0,034			

Заключение

Проведенные исследования позволили выделить сорта, обладающие толерантностью к поражению грибными листовыми болезнями. Минимальное поражение бурой ржавчиной отмечено у сортов Султан (20,5%), ЭН Альбирео (22,5%), Аленушка (25,6%). Сорта Ильвина, ЭН Альбирео и Льговская 4 способны формировать высокие урожаи зерна без фунгицидной обработки посева. Основной вклад в варьирование урожайности вносит фактор «сорт» (68,87%); зависимость урожайности от фунгицидной обработки составила 16,18%. На специфическое взаимодействие «сорт х фунгицид» приходится 2,69%.

Статья подготовлена по теме НИР № 122011800138-7 в рамках Государственного задания и Гранта МСХиП «Разработка эффективных методов управления продуктивностью и качеством новых сортов озимой пшеницы в условиях Республики Татарстан для стабилизации заготовок высококачественного зерна» по договору №Т-03.

Литература

1. Судникова В.П., Артемова С.В. Патогенный комплекс возбудителей септориоза пшеницы в Центральном Черноземье и Среднем Поволжье России // АгроXXI. – 1997. – № 10-12. – С. 30-32.
2. Гультяева Е.И., Стойко Г.В., Баранова О.А. Молекулярные подходы в реализации стратегий районирования устойчивых к болезням сортов пшеницы / В сборнике: ЗЕРНО И ХЛЕБ РОССИИ. ВО «ФАРЭКСПО», Российский Зерновой Союз, Российский Союз Пекарей, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Северо-Западный методический Центр РАСХН, Всероссийский научно-исследовательский институт жиров. – 2008. – С. 56-57.
3. Gulyaeva E.I. Breeding of bread wheat for leaf rust resistance in Russia / Bio web of conferences. IV All-Russian Plant Protection Congress with international participation «Phytosanitary Technologies in Ensuring Independence and Competitiveness of the Agricultural Sector of Russia». 2020. P.13.
4. Пигорев И.Я., Тарасов С.А. Влияние биопрепаратов на распространенность листостебельных заболеваний озимой пшеницы / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.– 2015. – № 4. – С. 42-45.
5. Кремнева О.Ю., Волкова Г.В., Жуковский А.Г. Распространенность возбудителей листовых пятнистостей пшеницы (*Rugophora tritici-repentis* и *Septoria tritici*) в условиях северного Кавказа и республики Беларусь / Защита растений: сборник научных трудов. -Несвиж: Несвиж. укрп. тип., 2011. Вып. 35. – С. 109-112.
6. Санин С.С. Эпифитотии болезней зерновых культур: теория и практика. Избранные труды // – М.: НИПКЦ Восход-А. – 2012. – 451 с.
7. Зазимко, М.И. Фитосанитарные проблемы озимого поля / Защита и карантин растений. – 2011. – № 9. – С. 22-24.
8. Санин, С.С. Влияние вредных организмов на качество зерна / Защита и карантин растений. 2004. – № 11. – С.14-18.
9. Gaunt R.E. The relationship between plant disease severity and yield // Annual Rev. Phytopathology. 1995. Vol. 33. P.119–144.
10. Березин К.К., Колесар В.А., Исмаилова А.И., Сафин Р.И. Влияние применения фунгицидов на формирование урожая озимой пшеницы в Татарстане / Вестник Казанского ГАУ. – 2017.– № 3 (45). – С. 5-9. DOI 10.12737/article_5a1fe7abc99be6.85983142
11. Лысенко А.А. Урожайность сортов зернового гороха при изменении погодных условий в Приазовской зоне Ростовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2 (34). – С. 13-20. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11164
12. Шайтанов О.Л, Низамов Р.М., Захарова Е.И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 4 (40). – С. 102-112. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-1122

References

1. Sudnikova V.P., Artemova S.V. Patogennyy kompleks vozбудiteley septorioza pshenitsy v Tsentral'-Chernozem'ye i Srednem Povolzh'ye Rossii [Patogenetic complex of causative agents of wheat septoria in the Central Chernozem and Middle Volga regions of Russia]. *Agro XXI*. 1997, no.10-12, pp. 30-32 (in Russian)
2. Gulyaeva E.I., Stoyko G.V., Baranova O.A. Molekulyarnyye podkhody v realizatsii strategiy rayonirovaniya ustoychivyykh k boleznyam sortov pshenitsy [Molecular approaches in the implementation of strategies for zoning of disease-resistant wheat varieties]. V sbornike: ZERNO I KHLEB ROSSII. VO «FAREKSPO», Rossiyskiy Zernovoy Soyuz, Rossiyskiy Soyuz Pekarey, Federal'nyy issledovatel'skiy tsentr Vserossiyskiy institut geneticheskikh resursov rasteniy im. N.I. Vavilova, Severo-Zapadnyy metodicheskii Tsentr RASKHN, Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut zhirov. 2008, pp. 56-57 (in Russian)
3. Gulyaeva E.I. Breeding of bread wheat for leaf rust resistance in Russia / Bio web of conferences. IV All-Russian Plant Protection Congress with international participation "Phytosanitary Technologies in Ensuring Independence and Competitiveness of the Agricultural Sector of Russia". 2020, 13 p.
4. Pigorev I.YA., Tarasov S.A. Vliyaniye biopreparatov na rasprostranennost' listostebel'nykh zabolevaniy ozimoy pshenitsy [Influence of biological preparations on the prevalence of leaf diseases of winter wheat]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2015, no.4, pp. 42-45(in Russian)
5. Kremneva O.YU., Volkova G.V., Zhukovskiy A.G. Rasprostranennost' vozбудiteley listovyykh pyatnistostey pshenitsy (*Pyrenophora tritici-repentis* i *Septoria tritici*) v usloviyakh severnogo Kavkaza i respubliki Belarus' [Prevalence of wheat leaf spot pathogens (*Pyrenophora tritici-repentis* and *Septoria tritici*) in the conditions of the North Caucasus and the Republic of Belarus]. *Zashchita rasteniy: sbornik nauchnykh trudov*.-Nesvizh: Nesvizh. ukруп. tip., 2011, Vol. 35, Pp. 109-112(in Russian)
6. Sanin S.S. Epifitotii bolezney zernovykh kul'tur: teoriya i praktika. [Epiphytotics of diseases of grain crops: theory and practice]. *Izbrannyye Trudy*. Moscow: NIPKTS Voskhod-A, 2012, 451 p (in Russian)
7. Zazimko M.I. Fitosanitarnyye problemy ozimogo polya. [Phytosanitary problems of the winter field]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2011, no. 9, pp. 22-24 (in Russian)
8. Sanin, S.S. Vliyaniye vrednykh organizmov na kachestvo zerna [Influence of harmful organisms on grain quality]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2004, no.11, pp.14-18 (in Russian)
9. Gaunt R.E. The relationship between plant disease severity and yield // *Annual Rev. Phytopathology*. 1995. Vol. 33. P.119–144
10. Berezin K.K., Kolesar V.A., Ismailova A.I., Safin R.I. Vliyaniye primeneniya fungitsidov na formirovaniye urozhaya ozimoy pshenitsy v Tatarstane [The influence of the use of fungicides on the formation of the winter wheat crop in Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo GAU*. № 3(45). 2017, pp.5-9. DOI 10.12737/article_5a1fe7abc99be6.85983142 (in Russian)
11. Lysenko A.A. Urozhaynost' sortov zernovogo gorokha pri izmenenii pogodnykh usloviy v Priazovskoy zone Rostovskoy oblasti [Productivity of varieties of grain peas under changing weather conditions in the Azov zone of the Rostov region]. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*. 2020, no. 2(34), pp. 13-20 (in Russian)
12. Shaytanov O.L, Nizamov R.M., Zakharova Ye.I. Otsenka vliyaniya global'nogo potepleniya na klimat Tatarstana. [Assessment of the impact of global warming on the climate of Tatarstan]. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*. 2021, no. 4 (40), pp. 102-112. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-1122 (in Russian)

**НОВЫЙ СОРТ ТВЁРДОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ФЕЯ – МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИД
TRITICUM DURUM× TRITICUM DICOCCUM**

Ф.В. ТУГАРЕВА, научный сотрудник

В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID:0000-0001-5713-7444

Ж.В. СТАРИКОВА, научный сотрудник

П.Н. МАЛЬЧИКОВ*, доктор сельскохозяйственных наук

М.Г. МЯСНИКОВА*, **Е.Н. ШАБОЛКИНА***, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, Г. ОРЁЛ

*САМАРСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ САМАРСКОГО НЦ РАН, Г. САМАРА

E-mail:Samniish@mail.ru

В статье представлены результаты селекционной работы по созданию нового сорта (межвидового гибрида) твердой яровой пшеницы Фея, полученного в результате сотрудничества ФНЦ зернобобовых и крупяных культур и Самарского НИИСХ – филиала Самарского НЦ РАН. Сорт Фея с 2023 года допущен к использованию в Центрально-Чернозёмном регионе России. Максимальная урожайность отмечена в Орловской области в 2022 году – 6,54 т/га. Новый сорт характеризуется высокой урожайностью, адаптивностью, повышенным качеством зерна, устойчивостью к абиотическим факторам. Сорт Фея создан методом многократного индивидуального отбора из расщепляющейся межвидовой гибридной популяции Fs: линия 682Д-7 (Triticum durum Desf.)× к-1949 (Triticum dicoccum Schubl). Сорт относится к разновидности subsp. expansum Vav., var. gordeiforme, отличается высокой устойчивостью к комплексу патогенов, устойчив к септориозу, мучнистой росе. Сорт предназначен для получения пшеничной и манной крупы. Предполагаемый экономический эффект от использования нового сорта (гибрида) Фея 8,5 тыс. руб./га.

Ключевые слова: пшеница яровая твёрдая, сорт Фея, селекция, межвидовые гибриды, продуктивность, адаптивность, устойчивость, качество зерна.

Для цитирования: Тугарева Ф.В., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Шаболкина Е.Н. Новый сорт твёрдой яровой пшеницы Фея – межвидовой гибрид Triticum durum× Triticum dicoccum. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):68-76. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-68-76

**NEW VARIETY OF HARD SPRING WHEAT FEYA - INTERSPECIFIC HYBRID
TRITICUM DURUM× TRITICUM DICOCCUM**

**F.V. Tugareva, V.S. Sidorenko, Zh.V. Starikova, P.N. Mal'chikov*, M.G. Myasnikova*,
E.N. Shabolkina ***

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, OREL
*SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — A BRANCH OF FSBSI THE
SAMARA SCIENTIFIC CENTER OF THE RAS, SAMARA

Abstract: *The article presents the results of breeding work on the development of a new variety (interspecific hybrid) of spring durum wheat Feya, obtained as a result of cooperation between the Federal Research Center of Legumes and Groat Crops and the Samara Research Institute of Agriculture, a branch of the Samara Scientific Center of the RAS. The Feya variety has*

been approved for use in the Central Chernozem region of Russia since 2023. The maximum yield was recorded in the Orel region in 2022-6.54 t/ha. The new variety is characterized by high yield, adaptability, increased grain quality, resistance to abiotic factors. The variety Feya was created by multiple individual selection from a split interspecific hybrid population F8: line 682D-7 (*Triticum durum* Desf.) × k-1949 (*Triticum dicoccum* Schubl). The variety belongs to the species subsp. *expansum* Vav., var. *gordeiforme*, is characterized by high resistance to a complex of pathogens, resistant to septoriosiis, powdery mildew. The variety is designed to produce wheat and semolina groats. The estimated economic effect from the use of a new variety (hybrid) Feya 8.5 thousand rubles/ha.

Keywords: spring durum wheat, Feya variety, breeding, interspecific hybrids, productivity, adaptability, stability, grain quality.

Введение

Твердая пшеница – основное сырьё для макаронной и крупяной промышленности. Она менее пластична и ареал распространения твердой пшеницы значительно меньше. В последние годы процесс импортозамещения не должен привести к снижению уровня качества крупяных и макаронных изделий на продовольственном рынке России. Вклад селекции здесь может быть значительным [1].

Качество зерна сортов яровой твердой пшеницы, среди прочих факторов, определяется адаптационными способностями к конкретным агроэкологическим условиям. В регионах Центральной России урожайные свойства и качество зерна сортов твердой яровой пшеницы недостаточно изучены, а зерно сортов яровой пшеницы часто не отвечает требованиям перерабатывающей промышленности [2, 3]. Яровая твёрдая пшеница (*Triticum durum* Desf.) и пшеница полба (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.) являются генетически высокобелковыми видами с содержанием протеина в зерне до 20% и более [4, 5]. В процессе селекции твердой пшеницы создан селекционный материал, не уступающий плёнчатой полбе (сорт Руно) по питательной ценности, вкусу, запаху и консистенции каши и превосходящий её по содержанию каротиноидов, цвету, устойчивости к прорастанию на корню. Полученные селекционные линии крупяного направления отличаются высокой урожайностью (4-5 т/га), широкой нормой реакции на условия среды, адаптивностью к засухе и отзывчивостью на благоприятные условия [6, 7, 8].

Цель работы – сравнительные исследования урожайности, элементов её структуры, биологических особенностей сорта Фея – межвидового гибрида (*Triticum durum* × *Triticum dicoccum*) и лучших сортообразцов яровой твёрдой пшеницы (*Triticum durum*) в условиях Центральной России.

Материал и методика исследований

Объектом исследования являлись лучшие сорта и селекционные линии яровой твёрдой пшеницы и сорт Фея. Стандарты: сорт яровой твердой пшеницы Донская Элегия и сорт полбы Руно.

Экспериментальные посевы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – пар. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Пахотный слой имеет среднекислую реакцию почвенного раствора, среднее содержание гумуса, повышенное содержание подвижного фосфора для данного типа почв, среднее содержание обменного калия. По основным физико-химическим показателям данные почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны.

В конкурсном и экологическом сортоиспытании общая площадь делянки составляет 10,5 м². Учетная площадь делянки – 10 м². Размещение делянок в опыте рендомизированное, повторность 4-кратная. Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Фенологические наблюдения, учет поражения болезнями, оценку фенотипической изменчивости количественных признаков проводили по общепринятым и широко апробированным в научных учреждениях методикам. Отбора проб для анализа растений по элементам структуры урожая проводилась по мере созревания сортообразцов. Для структурного

анализа с каждой делянки отбирали по 25 растений с корнями. Анализ структуры урожая включал определение продуктивной кустистости (шт.), массы сухого растения (г); числа зерен с главного колоса и с подгонов (шт.); массы зерна с главного колоса и подгонов (г); числа зерен с растений (шт.); массы зерен с растения (г); массы 1000 зерен (г). Проведен дисперсионный анализ полученных результатов.

Результаты и обсуждение

Одним из экономически выгодных путей увеличения урожайности твёрдой пшеницы с высоким качеством зерна является создание и внедрение в производство новых высокоурожайных сортов с повышенным качеством зерна, продуктивностью и экологической устойчивостью, адаптированных к конкретным агроэкологическим условиям. Новый сорт пшеницы твёрдой яровой Фея создан методом многократного индивидуального отбора из расщепляющейся межвидовой гибридной популяции F₈: линия 682Д-7 (*Triticum durum* Desf.)× к-1949 (*Triticum dicoccum* Schubl). Сорт относится к разновидности subsp. *expansum* Vav., var. *gordeiforme*.

Сорт Фея среднеспелый, обладает высокой засухоустойчивостью, устойчивостью к фузариозу колоса, засухе, листовым пятнистостям, хорошо приспособлен для выращивания в условиях применения интенсивных технологий возделывания. Сорт предназначен для получения пшеничной и манной крупы, макаронной муки. Средняя урожайность за 2018...2022 годы испытания в ФНЦ ЗБК составила 5,37 т/га, что на 0,38 т/га выше стандарта и практически не уступает по урожайности лучшему для региона сорту Триада, максимальная урожайность отмечена в 2022 г. году – 6,54 т/га по чистому пару (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность нового сорта Фея в конкурсном сортоиспытании, т/га

Год/сорт	Донская элегия	Фея	Триада	НСР05
2018	5,75	5,96	5,78	0,37
2019	5,47	6,42	6,40	0,59
2020	4,30	4,67	5,30	0,35
2021	4,22	4,21	4,13	0,39
2022	5,96	6,54	7,06	0,21
средняя	4,99	5,37	5,53	

Результаты структурного анализа свидетельствуют о различиях между сортообразцами по отдельным признакам и показателям растений. Самым низкорослым растением как в 2021 г., так и 2022 г. оказалась линия 2302-12 (69,8см/70,9см). Максимальной по высоте до 100,2 см была линия 2499 д-1 в 2021 г. и 109,8 см –рекордная высота в 2022 г. у сорта Фея. По результатам исследований за последние 2 года высоким показателем сухая масса, кустистость, а также наибольшая масса зерна с растения и выход зерна отмечен у нового сорта Фея, селекционных линий: 2084-6 и 2024-23 (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика растений лучших сортообразцов яровой твёрдой пшеницы и межвидового гибрида Фея в конкурсном сортоиспытании

Сорт, линия	Высота, см		Сухая масса, г		Кустистость, шт.		Масса зерна с растения, г	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Фея	88,9	109,8	5,6	4,0	2,8	3,1	3,28	5,44
Донская элегия	87,9	100,5	3,5	2,0	2,0	2,2	1,95	3,19
Триада	72,4	78,8	4,6	2,8	2,6	3,0	2,73	4,05
Безенчукская210	91,7	89,2	4,1	1,8	2,4	2,0	2,67	2,69
2024-23	91,0	89,5	5,0	3,2	2,4	3,1	2,84	4,89
2084-6	88,6	83,6	4,8	2,9	2,8	3,2	3,05	4,65
2158-2	89,2	94,8	4,3	1,8	2,0	1,7	2,73	2,59
2285-3	98,1	86,5	5,1	2,1	2,2	2,3	2,75	3,14
2302-12	69,8	70,9	4,8	2,7	2,1	2,5	2,89	3,77
2499Д-1	100,2	107,6	3,5	2,9	1,3	2,2	2,11	3,31
Среднее по опыту	87,8	91,1	4,5	2,6	2,3	2,5	2,7	3,8
НСР05	7,9	11,9	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	1,0

Лучшим генотипом по длине, массе зерна с колоса, а также числу зерен с главного колоса является новый сорт Фея. Наиболее крупнозёрный по массе 1000 зёрен в 2021 году был сорт Донская Элегия (стандарт), а в 2022 году новая линия 2499Д-1 – около 60 г и сорт Фея -54,6 г (табл. 3).

Таблица 3

Результаты структурного анализа яровой твёрдой пшеницы и межвидового гибрида Фея по элементам продуктивности главного колоса

Сорт, линия	Длина колоса, см		Число зёрен, шт.		Масса зерна, г		Масса 1000 зёрен, г	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Фея	7,7	7,0	39,4	51,6	1,91	2,77	48,3	54,6
Донская элегия	7,2	5,9	29,7	37,1	1,28	1,93	43,2	51,5
Триада	7,1	6,1	38,7	38,6	1,92	1,79	49,5	46,1
Безенчукская210	6,0	5,5	27,8	34,1	1,52	1,68	54,7	49,2
2024-23	7,2	6,4	31,3	43,9	1,63	2,26	52,2	51,6
2084-6	6,4	6,0	31,3	41,0	1,61	2,03	51,4	49,3
2158-2	7,0	5,9	33,2	37,8	1,65	1,95	49,5	51,4
2285-3	7,3	6,2	33,5	39,1	1,80	2,0	53,5	51,0
2302-12	6,8	6,4	40,8	42,9	1,94	2,02	47,6	46,2
2499Д-1	6,0	6,2	25,7	34,8	1,28	2,09	48,8	59,5
Среднее по опыту	7,6	6,8	30,9	37,0	1,65	1,87	45,5	46,1
НСР05	0,5	0,4	4,4	4,9	0,22	0,3	3,3	4,2

По результатам структурного и других анализов можно выделить новый межвидовой гибрид сорт Фея, сорт Триада, селекционные линии: леукурум 2024-23, леукурум 2302-12 и леукурум 2499д1 в качестве исходного материала с комплексом хозяйственно ценных признаков.

Анализ развития септориоза на растениях твёрдой яровой пшеницы и межвидовых гибридов в фазу начала налива зерна позволил выявить относительно устойчивые фенотипы. Уровень поражения составил от 1 до 36%. Отмечена устойчивость сорта полбы Руно и

межвидового гибрида – нового сорта Фея к септориозу. Процент развития патогенна был минимальным – 1%. (рис. 1).

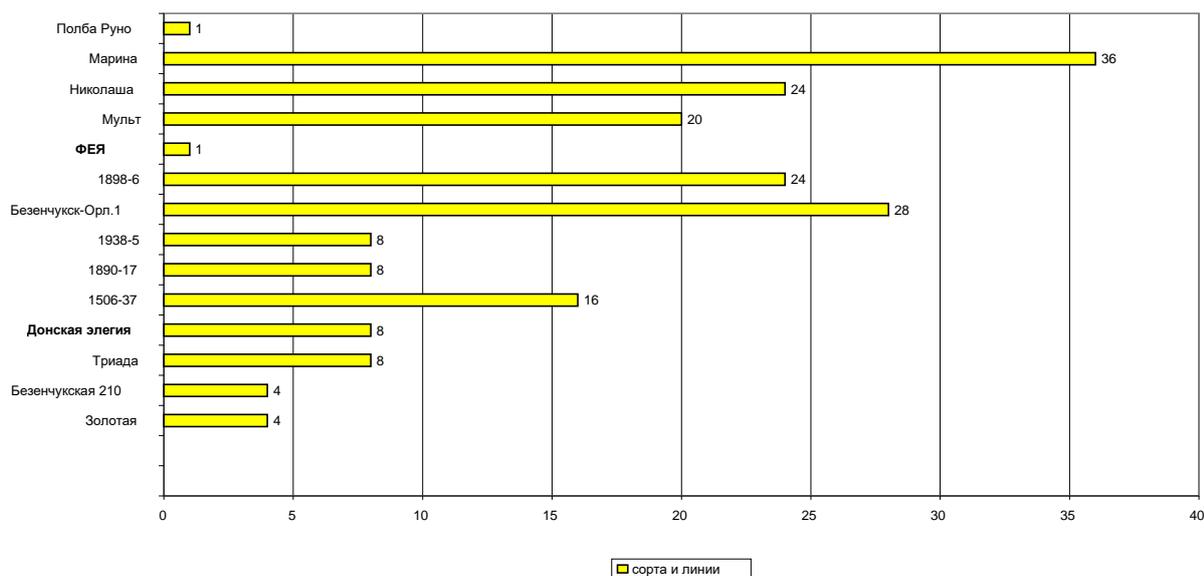


Рис. 1. Поражение септориозом твёрдой пшеницы и полбы (2021-22 гг.), %

Процент развития мучнистой росы колебался от 1 до 48%. Полная устойчивость к мучнистой росе отмечена у сорта полбы Руно, а очень слабая восприимчивость (6%) у сорта твёрдой пшеницы Николаша и межвидового гибрида - сорт Фея (4%), у стандарта Донская элегия – 16% (рис. 2).

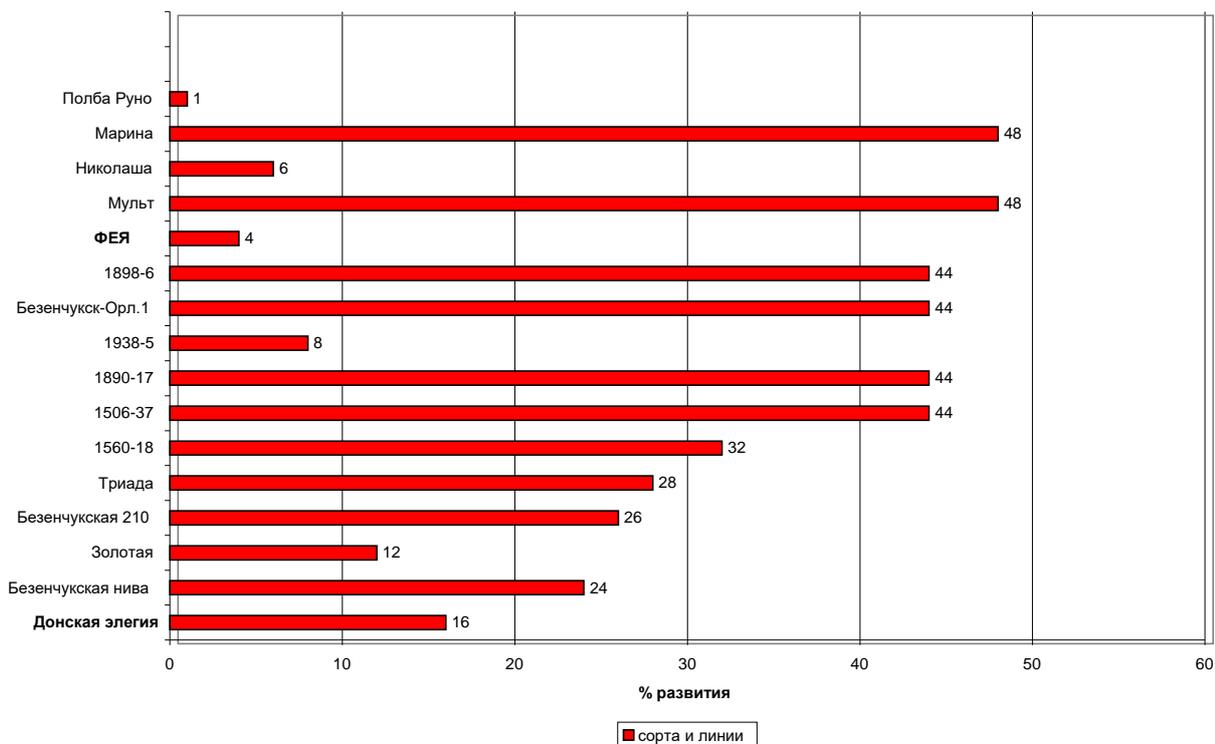


Рис. 2. Поражение мучнистой росой твёрдой пшеницы и полбы, (2021-22 гг.), %

Содержание белка у сортообразцов твёрдой пшеницы и межвидовых гибридов варьировало от 14,5% у линий твёрдой пшеницы: 2024-23 до 17,5% у сорта Донская Элегия (стандарт) в 2021 г. и от 14,3% у линии 2084-26 до 16,5% у линии 2158-2 в 2022 г., что существенно выше, чем у стандартных сортов. Содержание клейковины у исследованных

образцов составляет от 27,4 до 33,0% у стандарта Донская Элегия в 2021 г. В 2022 г. содержание клейковины изменялось от 24,9 до 28,0% у линии 2285-2. Наибольшее содержание крахмала (63,8%) отмечено у линии №2024-23 как в 2021 г., так и в 2022 г. (табл. 4). Высокие показатели сбора белка были у сортов Фея и Триада за счет высокой урожайности.

Таблица 4

Качество зерна яровой твёрдой пшеницы

Сорт, линия	Протеин, %		Сырая клейковина, %		Крахмал, %	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Фея	15,5	14,9	29,0	26,6	63,3	62,8
Донская элегия	17,5	14,8	33,0	26,3	62,0	62,9
Триада	15,4	14,5	29,4	24,9	63,8	63,0
Безенчукская210	17,0	15,4	32,4	26,9	62,5	62,5
2024-23	14,5	14,6	27,4	25,3	64,4	63,8
2084-26	15,5	14,3	29,2	25,0	63,0	63,1
2158-2	16,7	16,5	31,6	28,2	62,5	61,6
2285-3	16,9	15,8	31,7	28,0	62,9	62,6
2302-12	16,7	15,5	32,0	27,5	62,6	62,6
Среднее по опыту	16,2	15,1	30,6	26,5	63,0	62,8
НСР ₀₅	1,2	1,1	2,9	2,0	1,3	1,1

Селекционные линии крупяного назначения улучшены в процессе селекции относительно полбы (сорт Руно) по отдельным показателям. Новый сорт Фея имеет высокую натуру зерна, стекловидность, число падения, превосходит стандарт Донская элегия и соответствует требованиям ГОСТ для зерна первого класса. Качество крупы и каши из зерна сорта Фея не уступает показателям сорта полбы Руно (рис. 3, таблицы 5, 6)



Рис. 3. Зерно нового сорта Фея

Таблица 5

Краткая характеристика крупяных достоинств нового сорта Фея, (2019-2020 гг.)

Показатель	Донская элегия <i>Triticum durum</i>	Руно <i>T. dicoccum</i>	Фея <i>Triticum durum</i> * <i>T. dicoccum</i>
Урожайность, т/га	5,17	2,93	5,59
Содержание сырого протеина, %	14,4 (Орёл) 15,2 (Самара)	15,9 (Орёл) 17,5 (Самара)	15,2 (Орёл) 16,1 (Самара)
Клейковина, %	26,5 (Орёл)	29,0 (Орёл)	28,1 (Орёл)
Натура зерна, г/л	792		803
Стекловидность, %	72,2		83,6
Коэффициент разваримости, балл	3,7	3,5	3,8
Водопоглощительная способность, балл	3,1	2,8	3,3
Число падения, сек.	370	345	434

Таблица 6

Качество каши нового сорта Фея

Показатели	Единица измерения	2019	2020	Среднее	2019	2020	Среднее
		Новый сорт Фея			Сорт полбы Руно		
Вкусовые качества каши	Балл	40	40	40	40	40	40
Запах	Балл	25	25	25	25	25	25
Консистенция	Балл	20	18	19	20	20	20
Цвет каши	Балл	15	15	15	11	9	10
Суммарная оценка каши	Балл	100	98	99	96	94	95

Новый сорт Фея (межвидовой гибрид) рекомендован для включения в Государственный реестр с 2023 г. по Центрально-Чернозёмному региону. Сорт предназначен для получения пшеничной и манной крупы, макаронной муки. Предполагаемый экономический эффект от использования нового сорта (гибрида) Фея 8,5 тыс. руб./га.

Таблица 7

Описание селекционного достижения (в соответствии с методикой RTG/0120/1).

Культура: Пшеница твердая яровая (*Triticum durum* Desf.) Сорт: ФЕЯ Код7954464

	Признак	Степень выраженности	Индекс
1.	Колеоптиле: антоциановая окраска	отсутствует или очень слабая	1
2.	Первый лист: антоциановая окраска	отсутствует или очень слабая	1
3.	Растение: тип куста	полупрямостоячий	3
4.	Растения: встречаемость растений с наклоненным флаговым	средняя	5
5.	Время колошения	среднее	5
6.	Флаговый лист: восковой налет на влагалище	очень сильный	9
7.	Флаговый лист: восковой налет на листовой пластинке	сильный	7
8.	Ости: антоциановая окраска	отсутствует или очень слабая	1
9.	Соломина: опушение верхнего узла	отсутствует или очень слабое	1
10.	Соломина: восковой налет на шейке	сильный	7
11.	Колос: восковой налет	очень сильный	9
12.	Растение: высота	длинное	7
13.	Колос: распределение остей	по всей длине	4
14.	Ости на верхушке колоса: длина относительно колоса	длиннее	3
15.	Нижняя колосковая чешуя: форма	ланцетная	7
16.	Нижняя колосковая чешуя: форма плеча	округлое	2
17.	Нижняя колосковая чешуя: ширина плеча	среднее	5
18.	Нижняя колосковая чешуя: длина зубца	средний	5
19.	Нижняя колосковая чешуя: форма зубца	слегка изогнутый	2
20.	Нижняя колосковая чешуя: опушение наружной поверхности	отсутствует	1
21.	Соломина: выполненность	выполнена средне	5
22.	Ости: окраска	светло - коричневая	2
23.	Колос: длина без остей	средний	5
24.	Колос: опушение краев первого сегмента стержня колоса	слабое	3
25.	Колос: окраска	слегка окрашенный	2
26.	Колос: форма	цилиндрический	2
27.	Колос: плотность	рыхлый - средний	4
28.	Зерновка: форма	полуудлиненная	5
29.	Зерновка: длина хохолка	длинный	7
30.	Зерновка: окрашивание фенолом	среднее	5
31.	Тип развития	яровой	3

Проведены исследования на однородность, отличимость и стабильность нового сорта Фея, полученного в результате межвидовой гибридизации (табл. 7). Сорт относится к разновидности *subsp. expansum Vav., var. gordeiforme*. Куст полупрямостоящий, растение по высоте длинное, соломина выполнена средне. Опушение верхнего узла соломины отсутствует или очень слабое. Восковой налёт на влагилище флагового листа и колосе очень сильный, на листовой пластинке флагового листа и шейке соломины сильный. Колос цилиндрический, средней длины, слегка окрашенный, рыхлый средней плотности, опушение краев первого сегмента стержня колоса слабое. Ости светло-коричневые, на верхушке колоса длиннее колоса. Нижняя колосковая чешуя ланцетная, опушение наружной поверхности отсутствует, плечо округлое, средней ширины, длина зубца средняя, слегка изогнутой формы. Зерновка полуудлиненная, хохолок длинный, окрашивание фенолом среднее.

Сорт Фея явно отличается от любого другого общеизвестного сорта, соответствует требованиям однородности и стабильности.

Заключение

На основании комплексных исследований установлено, что новые современные сорта и селекционные линии твердой яровой пшеницы, селекционный материал межвидовых гибридов, выращенный в условиях северо-западной части Центрально-Чернозёмного региона, не уступают по урожайности и превосходят по качеству зерна сорта яровой мягкой пшеницы, что открывает реальные перспективы производства зерна для получения макаронной муки и крупы. В конкурсном сортоиспытании урожайность яровой пшеницы колебалась от 3,21 до 7,06 т/га. Лучшим по урожайности пшеницы твёрдой яровой более 7,0 т/га был сорт Триада, включенный в Государственный реестр селекционных достижений в 2020 г. по Центрально-Чернозёмному региону и межвидовой гибрид – сорт Фея (гордеиформе №1461-15), который в конкурсном сортоиспытании за 5 лет превысил по урожайности сорт стандарт Донская элегия. Представленные сорта и линии отвечают требованиям для производства крупы, имеют значения содержания белка более 14,5% и показатель натура зерна более 800 г/л. В результате структурного анализа выявлен новый ценный исходный материал с комплексом положительных признаков для селекции на высокую продуктивность. Лучшим генотипом по продуктивности главного колоса является новый сорт Фея. Таким образом, в условиях Орловской области реально получение зерна твердой пшеницы первого класса для переработки при высоком уровне урожайности. Особенно важно создание нового сорта Фея – первого межвидового гибрида для Центрально-Чернозёмного региона.

Литература

1. V.S. Sidorenko, F.V. Tugareva, Zh.V. Starikova. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat./ IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012105. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012105
2. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Павловская Н.Е., Мальчиков П.Н., Костромичева Е.В., Гагарина И.Н., Костромичева В.А. Перспективы выращивания новых сортов твёрдой пшеницы в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 2 (14). – С. 52-58.
3. Тугарева Ф.В., Сидоренко В.С., Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Костромичева В.А., Старикова Ж.В. Селекционная ценность новых генотипов твёрдой пшеницы /«Cercetari la culturile plantelor camp in Republica Moldova», conferinta nationala (2018; Chisinau), Balti, 21-22 iunie 2018/coord.: Valeriu Carpelea.–Chisinau: Balti: S. n., 2018 (Tipogr. «Indigou Color»). – P. 157-160.
4. Казарцева А.Т., Шеуджен А.Х., Нещадим Н.Н. Эколого-генетические и агрохимические основы повышения качества зерна. Майкоп – 2004. – 159 с.
5. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В., Оганян Т.В. Перспективы улучшения качества твердой пшеницы в процессе селекции в Среднем Поволжье // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, – Т. 16, – № 5 (3), – 2014. – С. 1143-1152.
6. Сидоренко В.С., Мальчиков Н.П., Мясникова М.Г., Бударина Г.А., Наумкин Д.В., Костромичёва В.А., Старикова Ж.В., Тугарева Ф.В., Горьков А.А. Создание и выявление ценных селекционных линий крупяного направления на основе межвидовых гибридов твёрдой пшеницы и полбы // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2017. – № 4 (24). – С. 106-115.
7. Мальчиков П.Н., Сидоренко В.С., Беспалова Л.А., Мудрова А.А., Мясникова М.Г., Чахеева Т.В., Старикова Ж.В., Тугарева Ф.В. Сорт яровой твёрдой пшеницы Триада, рекомендованный для хозяйственного

- использования в Центрально-Чернозёмном регионе России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. №3(35). – С.112-120. DOI: 10.24412/2309-348X-2020-2-11193
8. Тугарева Ф.В. Биохимические свойства зерна и размеры зерновок яровой твёрдой пшеницы и межвидовых гибридов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С. 137-143. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-137-143

References

1. V.S. Sidorenko, F.V. Tugareva, Zh.V. Starikova. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat./ IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012105. DOI:10.1088/1755-1315/650/1/012105
2. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Pavlovskaya N.E., Mal'chikov P.N., Kostromicheva E.V., Gagarina I.N., Kostromicheva V.A. Prospects of growing new varieties of durum wheat in the conditions of the Orel region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2015. - № 2 (14). - Pp. 52-58.
3. Tugareva F., Sidorenko V., Mal'chikov P., Myasnikova M., Kostromicheva V., Starikova Zh. Breeding value of new durum wheat genotypes /«Cercetari la culturile plantelor camp in Republica Moldova», conferinta nationala (2018; Chisinau), Balti, 21-22 iunie 2018/coord.: Valeriu Capcelea.-Chisinau: Balti: S. n., 2018 (Tipogr. « Indigou Color»).- Pp. 157-160.
4. Kazartseva A.T., Sheudzhen A.Kh., Neshchadim N.N. Ecological-genetic and agrochemical bases of grain quality improvement. Maikop - 2004, 159 p.
5. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G., Shabolkina E.N., Anisimkina N.V., Oganyan T.V. Prospects of durum wheat quality improvement in the process of breeding in the middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2014, v. 16, №5(3), - pp.1143-1152.
6. Sidorenko V.S., Mal'chikov N.P., Myasnikova M.G., Budarina G.A., Naumkin D.V., Kostromicheva V.A., Starikova Zh.V., Tugareva F.V., Gor'kov A.A. Creation and identification of valuable breeding lines of cereal direction based on interspecific hybrids of durum wheat and spelt // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2017. - № 4 (24).-Pp. 106-115.
7. Mal'chikov P.N., Sidorenko V.S., Bepalova L.A., Mudrova A.A., Myasnikova M.G., Chakheeva T.V., Starikova Zh.V., Tugareva F.V. Spring durum wheat variety Triada, recommended for economic use in the Central Chernozem region of Russia // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020. №3(35). DOI: 10.24412/2309-348X-2020-2-11193
8. Tugareva F.V. Grain biochemical properties and grain size of spring durum wheat and interspecific hybrids // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, No.2 (38) , pp.137-143. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-137-143

О РЕЗУЛЬТАТАХ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В ПОДМОСКОВЬЕ

А.М. МЕДВЕДЕВ, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук

Е.Н. ЛИСЕЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук

М. А. КУЗЬМИЧ, доктор сельскохозяйственных наук

Л. А. КУЗЬМИЧ, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

Уже много десятилетий отдалённая гибридизация успешно используется в селекции зерновых и других культур. В настоящее время и у нас, в Российской Федерации, и за рубежом созданы высокопродуктивные, с высоким качеством зерна амфидиплоиды, тритикале, гибриды между пшеницей и рожью. В ФИЦ «Немчиновка» за последние годы решены вопросы повышения потенциала продуктивности, устойчивости новых сортов к лимитирующим факторам внешней среды, включая неблагоприятные зимне-весенние условия, высокие температуры воздуха и засуха, наиболее опасные патогены, особенно снежная плесень и септориоз. Созданы с участием селекционеров Самарского НИИСХ и внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, новые сорта озимой тритикале Капелла, Арктур, а также сорт Акинак, полученный совместно с Тамбовским НИИСХ. Сорта Арктур и Акинак отличаются устойчивостью к полеганию, высота стебля 85-90 см., обладают потенциальной продуктивностью до 12 т/га зерна с повышенным содержанием белка и клейковины.

Ключевые слова: тритикале, гибриды, устойчивость, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Медведев А.М., Лисеенко Е.Н., Кузьмич М.А., Кузьмич Л.А. О результатах селекции озимой тритикале в Подмоскowie. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):77-84. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-77-84

ABOUT THE RESULTS OF WINTER TRITICALE BREEDING IN THE MOSCOW REGION

A.M. Medvedev, E.N. Liseenko, M.A. Kyzmich, L.A. Kyzmich

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *For many decades distant hybridization has been successfully used in the breeding of cereals and other crops. Currently, both in the Russian Federation and abroad, we have created highly productive triticale amphidiploid with high quality hybrids between wheat and rye. In recent years, the issues of increasing the productivity potential, the resistance of new varieties to limiting environmental factors, including unfavorable winter and spring conditions, high air temperatures and droughts, the most dangerous pathogens, especially snow mold and septoria, have been resolved in the Nemchinovka FSBSI Federal Research Center. New varieties of winter triticale Capella, Arcturus were created with the participation of breeders of Samara Research Institute of Agriculture and entered into the State Register of Breeding Achievements allowed for use, as well as Akinak variety obtained jointly with Tambov Research Institute of Agriculture. The varieties Arcturus and Akinak are resistant to lodging, with a stem height of 85-90 cm, have a potential productivity of up to 12 t/ha of grain with a high content of protein and gluten.*

Keywords: Triticale, hybrids, stability, yield seed, quality of grain.

Селекционные исследования по зерновым хлебам, включая тритикале, направлены не только на повышение продуктивности новых сортов, но и на обеспечение комплексной устойчивости к абиотическим факторам жизни растений, включая морозостойкость, а также устойчивость (толерантность) к особо опасным патогенам [1, 2, 3]. При этом проблема поиска ценного исходного материала для целевых скрещиваний не только не теряет свою

актуальность, но и приобретает еще большую значимость. В этом отношении большую роль играют сортообразцы мировой коллекции тритикале, новейшие достижения отечественных и зарубежных селекционно-генетических центров [2, 3, 4].

В ФИЦ «Немчиновка» в программу скрещиваний включаются генотипы Польши, Белоруссии, НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, Федерального Ростовского аграрного центра РАН (ФРАНЦ РАН) и других научных организаций [2, 3]. Выполняется задача повышения потенциала продуктивности до 13-14 т/га качественного зерна, пригодного как для приготовления комбикормов, так и для производства хлебопекарных изделий [4].

Цель исследований – создание сортов озимой тритикале, обладающих комплексом ценных признаков, устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды, с высоким потенциалом продуктивности и показателями качества семян.

Материал, методика и условия проведения исследований

Питомники селекционного направления исследований размещались в селекционных севооборотах, научных полях ФИЦ «Немчиновка» (р.п. Соколово). Материалом для исследований служили сортообразцы коллекции ФИЦ ВИГРР имени Н.И. Вавилова (ВИР), отечественный и зарубежный сортимент научных центров. В опытах использованы методические указания Б.А. Доспехова (1985), Госсорткомиссии [5], и другие методические пособия. Испытания и размножение новых тритикале осуществлялись на суглинистых, малоплодородных почвах с содержанием гумуса 2,0-2,5 %, РН почвенного раствора 4,0-5,0. Объем вносимых осенью и весной минеральных туков составлял 350-400 кг действующего вещества НРК на гектар. Норма высева семян – 5,5 млн. шт. всхожих семян на 1 га. Учетная площадь делянок в КСИ – 10 м², в контрольном питомнике – 3-5 м², соответственно в четырехкратной и двукратной повторности вариантов опыта. В коллекционном и гибридном питомниках площадь делянок равнялась 1-2 м².

Определение качества зерна, муки, теста и хлеба осуществлялось в специальной лаборатории по известным методическим указаниям [5, 6, 7].

Результаты и обсуждение

В 2019-2022 гг. изучено 250 сортообразцов тритикале отечественного и зарубежного происхождения. Выделены лучшие генотипы, пригодные для селекционного исследования. И в предыдущие годы осуществлялся поиск ценных номеров для выполнения программы гибридизации. Из таблицы 1 видно, что в сравнении со стандартом Виктор высокие показатели продуктивности, качества и экологической устойчивости оказались у отечественных сортов Атаман Платов, Сирс 57, Цекад 90, Брат, а также Вектор, Импульс (Р. Беларусь), Precos/ Kill/Rex /Aos /Rex (Польша). Наиболее высокий средний урожай в опытах получен при использовании сортов Сирс 57 (681 г/м²), Вектор (700 г/м²), Брат (764 г/м²). Высота растений составила соответственно 100, 85, 95 см, обеспечившая устойчивость растений к полеганию.

Изучение новых сортов и линий, полученных при гибридизации местных немчиновских генотипов с сортиментом отечественных и зарубежных научных центров, показало преимущество высокозимостойкого, толерантного к снежной плесени сорта-стандарта Виктор (табл. 2). Его сбор зерна в эпифитотийные по снежной плесени 2021 и 2022 годы оказался высоким. Устойчивый, высокий сбор зерна получен также у линии 26 (Виктор x Гренадо) в объеме 6,3 т/га (у стандарта Виктор – 6,6 т/га).

Определение урожайности (табл.3) новых сортов и линий за более продолжительное время (2018-2022 гг.) свидетельствует о том, что немчиновские сорта Виктор, Гермес, Немчиновский 56, Гера сохраняют свои положительные свойства и в особо неблагоприятном по погодным факторам 2022 году, когда снежная плесень значительно повлияла на урожай зерна в полном объеме у многих сортов и линий. Отраднее, что новая короткостебельная линия 26 (Виктор x Гренадо, Польша) сохранила и в 2022 г.

Наибольшее содержание белка в зерне, согласно данным таблицы 4, оказалось у сорта Немчиновский 56 (13,4 %), несколько меньше – у линий 508 и 598 (13,1 и 13,0 %). И по другим признакам отмеченные генотипы показали свое преимущество перед стандартом Виктор.

Сортообразцы озимой тритикале, выделившиеся по комплексу признаков, 2019-2021 гг.

Сортообразцы, происхождение	Высота растений, см	Зимостойкость, балл	Устойчивость к полеганию, балл	Поражение растений, балл		Анализ колоса		Сбор зерна г/м ² по годам				
				снежная плесень	септориоз	число зерен, шт.	масса 1000 зерен, г	2019	2020	2021	2022	среднее
Виктор St 1, ФИЦ «Немчиновка»	130	7	5	5	5	54	42,6	780	700	560	340	605
Гермес St 2, ФИЦ «Немчиновка»	125	7	5	5	5	52	43,4	800	710	540	310	592
Немчиновский 56 ФИЦ «Немчиновка»	127	5	7	5	3	56	43,6	825	680	530	330	590
Ефремовская, МОВИР	122	7	7	5	5	60	43,8	820	600	690	290	600
Атаман Платов, ФРАНЦ РАН Ростов	86	5	9	7	7	58	54,8	750	685	585	350	590
Сирс 57, СибНИИРС	100	9	7	7	5	46	46,7	910	715	680	420	681
Вектор, Р. Беларусь	85	9	9	5	5	54	52,4	680	670	750	-	700
Геркулес, Р. Беларусь	112	5	5	3	7	49	52,6	470	540	535	315	465
Импульс, Р. Беларусь	110	7	9	3	5	51	53,4	700	650	540	315	551
Рамзай, ФРАНЦ РАН, Ростов	85	7	9	5	5	58	56,6	950	895	620	295	650
Ргесо/ Kill/ Rex/ Aos/ Rex Польша	100	5	9	5	5	49	48,8	800	572	620	275	567
Цекад 90, СибНИИРС	115	5	5	3	5	44	46,2	450	500	620	420	600
Линия 266 /12 МОВИР	105	7	9	5	3	54	53,6	740	755	610	235	585
Брат НЦЗ им. П.П. Лукьяненко	95	5	9	7		54	58,0	1020	935	650	450	764

Характеристика лучших сортов и линий озимой тритикале в КСИ 2021-2022 гг

Сорт, линия	Происхождение	Высота растений, см	Перезимовка, балл	Устойчивость к полеганию, балл	Устойчивость к снежной плесени, балл	Анализ колоса			Сбор зерна с 1 м ²		
						число зерен шт.	масса 1000 зерен, г	масса зерна с колоса, г	2021	2022	среднее
Виктор	ФИЦ «Немчиновка»	110	7	7	7	44	55,6	2,4	7,8	5,4	6,6
Немчиновский 56	ФИЦ «Немчиновка»	115	5	5	5	54	56,6	2,7	6,2	4,45	5,4
Нина	ФИЦ «Немчиновка»	108	5	5	3	42	52,1	2,67	6,2	4,8	5,6
Линия КП 5901	Виктор х Вокализ	110	5	5	5	57	52,3	3,0	4,56	3,8	5,7
Линия КП 465	МОВИР 280/12 Нина х Бета	100	5	7	3	61	62,6	3,1	4,8	4,5	4,7
Линия КП404	Нина х Брат	95	5	9	3	58	56,6	2,9	4,34	5,0	4,7
Линия КП475	Нина х Сколот	80	5	9	3	52	53,1	3,0	5,3	5,3	5,3
Линия КП460	Виктор х Цекад 90	80	5	9	3	46	64,3	3,0	5,3	5,6	5,5
Линия 25, КП 497	Гермес х Князь	85	7	9	5	52	53,1	2,7	5,6	5,3	5,5
Линия 26, КП 461	Виктор х Гренадо	70	7	9	5	60	56,3	48	6,6	6,6	6,3
Арктур	Гермес х Авангард	90	5	9	3	54	56	2,9	6,8	3,8	5,3
НСР 05									0,47	0,52	

Таблица 3

Урожайность сортов и линий озимой тритикале Немчиновской селекции (т/га)

Сорта, линии, происхождение	Годы изучения			среднее
	2020	2021	2022	
Виктор, St	7,20	7,83	5,32	6,74
Гермес	7,40	6,56	4,43	6,11
Немчиновский 56	7,50	6,23	4,47	6,1
Гера	6,70	8,22	4,85	6,6
Арктур	8,30	6,80	2,70	5,9
Линия 5901 (Виктор х Вокализ)	8,60	7,50	3,67	6,6
Линия МОВИР 280/12 (Виктор х Импульс)	8,90	7,84	4,70	7,2
Линия 1940 Виктор х Прометей)	7,65	6,30	3,57	5,8
Линия 26 (КП 491 Виктор х Гренадо)	-	6,6	6,0	6,3
Линия 25 (КП 497 Гермес х Князь)	-	-	5,25	5,3
Линия 28 (КП 404 Нина х Брат)	-	-	4,98	5,0
НСР 05	0,47	0,54	0,30	

Качество зерна, муки и хлеба, по данным за средний по погодным условиям 2021 год, лучшими оказались линия 1940 (Виктор X Прометей), линия Гера 39 (отбор из сорта Гера). У стандарта Виктор содержание белка в зерне составило 11,9%, содержание сырой клейковины 17%), объёмный выход хлеба 350 см³. Данные таблицы 5 и таблицы 6 по качеству зерна тритикале за 2021 -2022 годы в целом подтверждают сведения за прошлые годы, показывающие, что немчиновские сорта тритикале относятся к зернофуражным генотипам. У районированного в 2019 году нового короткостебельного сорта Арктур содержание белка в зерне – до 14%, сырой клейковины – до 22,5%, силой муки – до 230 е.а.

Заключение

Селекционные исследования по озимой тритикале в ФИЦ «Немчиновка» обеспечили получение новых сортов и линий с урожайностью равной или превышающей стандарт Виктор. Внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, сорта Капелла (среднестебельный, крупнозерный, с высоким содержанием белка в зерне, а также Арктур и Акинак - (короткостебельные, устойчивые к полеганию, с повышенным содержанием белка в зерне). Комплексной устойчивостью к ряду болезней растений (бурая ржавчина, мучнистая роса, пыльная головня) выделяется новая короткостебельная линия 26 (Виктор х Гренадо), обладающая повышенной толерантностью к снежной плесени.

Качество зерна сортов и линий озимой тритикале в КСИ (2020 и 2021 гг.)

Сорт, линия	Происхождение	Содержание клейковины, %	Содержание белка, %			Натура зерна г/л			Стекловидность, %			Число падения, с		
			2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее
Виктор, St	ФИЦ «Немчиновка»	17,6	12,5	11,9	12,2	690	686	688	45	31	38	88	1497	143
Гермес	ФИЦ «Немчиновка»	10,2	12,0	11,7	11,9	692	672	682	39	34	37	154	292	223
Немчиновский 56	ФИЦ «Немчиновка»	20,8	13,1	13,7	13,4	685	668	677	44	30	37	98	245	197
Нина	ФИЦ «Немчиновка»	10,1	11,	11,6	11,5	683	671	677	23	34	29	107	265	186
Линия 1940	Виктор х Прометей Р. Беларусь	19,0	13,4	12,2	12,8	663	661	662	42	35	38	110	334	222
Линия 5901	Виктор х Вокализ	20,4	12,7	11,5	12,0	663	633	648	52	24	38	164	242	203
Линия 598	Немчиновский 56 х Маркиян (Украина)	-	12,4	13,6	13,0	719	-	719	50	-	50	84	-	84
Линия 508	МОВИР 280/126 Виктор х Импульс (Р. Беларусь)	-	13,1	13,1	13,1	719	790	752	50	52	51	130	145	138
Линия 1796	Нина х Каприз	15,4	11,8	11,4	11,6	650	686	668	33	32	33	-	262	262
Линия 1739	Гермес х Эра (Р. Беларусь)	14,7	12,9	13,1	13,0	680	700	690	44	36	40	62	132	97
Гера (21-1-9)	ФИЦ «Немчиновка»	15,8	13,7	11,8	12,8	678	661	670	45	36	41	78	272	175
Линия Гера 39	Линия отбор из сорта Гера	8,4	13,4	12,1	12,8	701	707	704	45	35	40	78	210	144
Арктур	Гермес х Авангард	21,6	12,6	13,4	12,5	691	690	691	49	37	43	69	140	55

Качество зерна, муки и хлеба сортов и линий озимой тритикале, конкурсного сортоиспытания, 2021 г.

Сорт, линия	Масса 1000 зерен, г	Нагура зерна, г/л	Стекловидность, %	Содержание белка в зерне, %	Число падения, с	Содержание сырой клейковины, %	ИДК, ед. акт.	Пористость хлеба, балл	Объёмный выход хлеба, см ³	Н/Д	Оценка подов, балл
Виктор, St	42,9	686	31	11,9	197	17,0	82	1,8	350	0,52	3,0
Немчинвоский 56	43,7	668	30	11,9	245	21,8	98	2,3	333	0,51	3,5
Нина	42,0	671	34	11,6	265	10,1	65	2,0	352	0,42	2,0
Гермес	42,4	672	30	11,7	292	10,1	73	3,5	349	0,50	3,0
Гера	41,6	661	36	11,8	272	8,9	69	2,5	392	0,58	3,0
Линия Гера 39	45,5	707	35	12,1	210	8,4	75	2,3	325	0,50	3,0
Линия 5901	47,0	637	24	11,5	242	9,0	74	1,2	331	0,44	2,9
Линия Виктор х Прометей	43,9	671	37	12,2	320	14,6	70	1,9	347	0,52	3,0
Линия 1796 Нина х Каприз	42,3	685	32	11,4	262	15,4	77	3,3	392	0,49	3,5
Линия Гера 401	47,9	708	24	11,2	367	11,1	79	1,5	322	0,51	2,0
Линия Гера 410	43,6	688	19	11,1	342	10,7	63	1,8	348	0,56	2,3
Линия 4784	45,2	680	34	11,6	204	20,7	98	2,5	374	0,41	2,0

Качество зерна сортов и линий озимой тритикале конкурсного сортоиспытания 2022 года

Сорта и линии	Белок %	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л
Линия отбора из сорта Гера	12,5	64,4	719
Нина х Каприз	12,6	57,2	729
Нина х Сколот	14,1	62,4	741
Гермес х Шаланда	12,6	59,2	694
Виктор х Союз	12,0	54,0	737
Нина х Брат	13,8	54,4	735
Гермес х Кастусь	13,2	58,8	731
Виктор х Цекад 90	12,1	58,4	742
Немчиновский 5б	13,2	34,4	734
Нина, St	11,5	51,2	749

Литература

1. Грабовец А.И., Крохмаль А.В., Барулина Н.И. Принципы управления наследственностью при селекции озимого тритикале на Дону. - В сб. Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технология переработки сортов. – Ростов на Дону: 2020 (9 выпуск). – С. 5-18.
2. Гриб С.И., Буштевич В.Н. Приоритетные направления и результаты селекции тритикале в Белоруссии – В. Сб. Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технология переработки сортов. – Ростов на Дону. 2020 (9 выпуск). – С. 19-32.
3. Горянина Т.А. Кормовые достоинства зеленой массы озимой тритикале – В сб. Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технология переработки сортов.- Ростов на Дону: 2020 (9 выпуск.). – С. 166-178.
4. Медведев А.М., Комаров Н.М., Соколенко Н.И. и др. Озимая и яровая тритикале в Российской Федерации. Москва- Немчиновка. – 2018. – 274 с.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Под общей редакцией М.А. Федина. – 1988. – 121 с.
6. Ковтуненко В.Я., Панченко В.В. Использование яровых тритикале в селекции озимых. – В сб. Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технология переработки сортов. – Ростов на Дону: 2020 (9 выпуск.). – С. 33-42.
7. Мережко А.Ф., Удачин Р. А. Методика изучения сортов растений – Л.: – 1990. – 35 с.

References

1. Grabovetz A.I., Krochmal' A.V. Principi upravleniy nasledstvennostiy pri selectziya ozimaya triticales na Dony [Principles of management of agricultural production in the selection of winter triticales on the Don]. Triticales. Materialu mejdunarodnoi nauch. -pract. konferenzii "Triticales. Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies", Rostov-na-Donu, 2020, pp.5-18
2. Grib S.I., Byshtevich B.N. Prioretetnue napravleniy i rezultati selectziya triticales v Belarusii [Priority directions and results of triticales breeding in Belarus]. Triticales. Materialu mejdunarodnoinauch. - pract. Konferenzii "Triticales. Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies", Rostov-na-Donu, 2020, pp.19-32
3. Goranina T.A. Kormovie dostoinstva selenoy massi triticales [Feed advantages of triticales green mass]. Triticales. Materialu mejdunarodnoi nauch. - pract. konferenzii "Triticales. Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies", Rostov-na-Donu, 2020, pp.166-168
4. Medvedev A.M., Medvedev L.M., Komarov N.M. et.al. Ozimaya I yarovaya triticales v Rossiiskoi Federatsii (kollektivnaya monografiya) [Winter and spring triticales in the Russian Federation (collective monograph)]. Moscow, 2017. 289 p. (In Russian)
5. Metodica gosudarstvenogo ispytania sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Tekhnologicheskaya otsenka zernovykh, krypyanykh i zernobobovy khkul'tur. Pod obshchi redaktsie M.A. Fedin [Methodology for state testing of agricultural crops. Technological assessment of sereals, cereal and Legume crops. Under the general editorship of M.A. Fedin], Moscow, 1988, 121 p. (In Russian)
6. Kovtunenka V.Y., Panchenko V.V. The use of spring triticales in the selection of winter crops. Triticales. Materialu mejdunarodnoi nauch. - pract. Konferenzii "Triticales. Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies", Rostov-na-Donu, 2020, pp.33-42
7. Merezhko A.F., Udachin R.C. Metodicheckie ukazaniya [Metodical instructions], St. Petersburg, VIR, 1990, 35 p.

ОЦЕНКА ГЕНОТИПОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО КОМПЛЕКСУ ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ИХ СЕЛЕКЦИОННУЮ ЦЕННОСТЬ, АДАПТИВНУЮ СПОСОБНОСТЬ В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ

А.А. АНДРЕЕВ, ORCID ID: 0000-0003-2529-831X;

М.К. ДРАЧЕВА, ORCID ID: 0000-0001-7542-5730,

E-mail: drasheva_m@mail.ru

ТАМБОВСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ИМЕНИ И.В. МИЧУРИНА

В статье представлены результаты изучения сортов и линий ярового ячменя в северо-восточной части ЦЧР. Данные исследования позволили выделить генотипы урожайные, адаптированные к погодно-климатическим условиям региона. Наибольшая урожайность отмечена у линий Л-54403, Л-54241 и сорта Грейс, эти образцы в среднем за все годы испытания имели урожайность на 2,8-6,4 % выше средней по опыту. В условиях нашего региона высокую общую адаптивную способность показали сорт Грейс (ОАС=2,3) и линии Л-54241 (ОАС=1,0), Л-54403 (ОАС=0,7). Самыми стабильными оказались линии Л-54403 и Л-54241, которые имели относительную стабильность $Sqi=14,2-16,2\%$ и коэффициент регрессии на среду $bi=0,92-0,99$. Учёт параметров адаптивной способности и стабильности образцов позволяет более объективно подходить к оценке и созданию новых перспективных сортов, гибридов.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, масса 1000 зерен, содержание белка, число зерен в колосе.

Для цитирования: Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка генотипов ярового ячменя по комплексу параметров, определяющих их селекционную ценность, адаптивную способность в конкурсном сортоиспытании. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):85-89. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-85-89

EVALUATION OF SPRING BARLEY GENOTYPES ACCORDING TO A SET OF PARAMETERS THAT DETERMINE THEIR BREEDING VALUE, ADAPTIVE ABILITY IN COMPETITIVE VARIETY TESTING

A.A. Andreev, M.K. Dracheva

TAMBOV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE –
BRANCH OF FSBSI I.V. MICHURIN FEDERAL SCIENTIFIC CENTER

Abstract: *The article presents the results of the study of varieties and lines of spring barley in the northeastern part of the Central Chernozem region. These studies made it possible to identify productive genotypes adapted to the weather and climatic conditions of the region. The highest yield was noted in the lines L-54403, L-54241 and variety Grace, these samples on average for all the years of testing had a yield of 2.8-6.4% higher than the average for the experiment. In the conditions of our region, Grace variety (GAC=2.3) and lines L-54241 (GAC=1.0), L-54403 (GAC=0.7) showed high general adaptive capacity. The most stable lines were L-54403 and L-54241, which had a relative stability $Sqi=14.2-16.2\%$ and a regression coefficient on the medium $bi=0.92-0.99$. Taking into account the parameters of the adaptive capacity and stability of samples allows a more objective approach to the evaluation and creation of new promising varieties and hybrids.*

Keywords: spring barley, variety, productivity, weight of 1000 grains, protein content, number of grains per spike.

Введение

Создание новых сортов растений имеет первостепенное значения при производстве продуктов питания. Сегодня селекция растений в мире достигла высокого уровня развития и создать новый сорт нелегкое дело. В настоящее время при наличии сотен отработанных сортов любой культуры интуиции и искусства для выведения новых сортов, превосходящих существующие, уже недостаточно [1, 2]. Здесь необходимы не только значение генетических законов, но и знания математических методов обработки цифрового материала, и на основе этого выделить те генотипы, которые сочетают в себе высокий потенциал продуктивности с их устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды [3, 4].

Цель работы – оценить сорта и линии по комплексу параметров, определяющих их селекционную ценность в меняющихся условиях среды и дать оценку адаптивной способности и стабильности ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании.

Материалы и методы исследований

Изучение генотипов ярового ячменя проходило в 2019-2022 гг. в отделе селекции зерновых культур Тамбовского НИИСХ, расположенного в северо-восточной части Центрально-Черноземного региона. Материалом исследования служили линии ярового ячменя своей селекции. В качестве стандарта принят сорт Атаман (Беларусь) и сорт Грейс (Германия). Эти сорта относятся к пивоваренным ячменям. Поле опытного участка расположено на почвах со следующими характеристиками: содержание в пахотном слое (0-30 см) подвижного фосфора – 11,0, обменного калия – 14,3 мг на 100 г почвы, гумуса – 8,24%, реакция почвенного раствора (рН_{сол}) – 5,5 ммоль в 100 г почвы. Опыт закладывали в соответствии с Методикой полевого опыта. Посев проводили в оптимальные сроки селекционной сеялкой СН-16. Образцы высевали в четырехкратной повторности, площадь делянки 50 м². Норма высева – 5 млн. всхожих семян на 1 га. Технология возделывания ярового ячменя соответствовала зональным системам земледелия для Тамбовской области (Коломейченко В.В., 2007). Учеты, наблюдения и оценку изучаемых сортов проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971) и Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ВИР (1977). Индекс условий среды (I), пластичность (b1) и стабильность (Sq_i) определяли по математической модели S.A.Eberhart, W.A.Russell (1966). Распределение сортов на группы и определение сортоисточников по Мережке А.Ф. (1994), Лакину Г.Ф. (1980). Математическую обработку результатов исследований проводили по методике Б.А. Доспехова (2014).

Результаты и их обсуждение

Метеорологические условия, различающиеся в вегетационные периоды 2019-2022 годов, способствовали разносторонней оценке селекционного материала. Это позволило дать более объективную оценку новым линиям ярового ячменя, исходя из сложившихся внешних условий среды.

Условия вегетации 2019 года сложились влажными и жаркими. За вегетацию осадков выпало на 39,4% выше многолетних показателей и средняя температура воздуха составила 17,5°C, на 1,40 °C выше нормы (табл.1). Вегетационный период 2020 года характеризовался в целом сухими и жаркими погодными условиями. Если рассматривать погодные условия по фазам развития растений ячменя то следует отметить, что первые периоды роста (всходы, кущение) проходили в благоприятных условиях увлажнения. Температура воздуха в эти фазы развития ячменя была на 1,0-3,6°C ниже многолетних значений. В период колошение, созревание ячменя сложилась жаркая погода. 2021 год сложился сухим и жарким. Средняя температура воздуха составила 21,2°C или на 4,9°C выше средних многолетних показателей. Осадков выпало 73,3 мм, или 44,7% от многолетних показателей. Все периоды роста и развития ячменя проходили при недостатке влаги. От посева до кущения ячменя (18 дней) выпало 15,4 мм осадков, это в 2,3 раза меньше средних многолетних показателей. От кущения до созревания (53 дня) выпало 57,9 мм осадков, что составляет 45,2% от

многолетних значений. Вегетационный период 2022 года характеризовался в целом сухими и жаркими погодными условиями. За вегетацию ячменя выпало 83,4 мм осадков, что составляет 51,4% от многолетних значений. Температура воздуха составила за период вегетации ячменя 18,2°C или на 1,9°C выше средних многолетних показателей. Гидротермический коэффициент (ГТК) в отчетном году за весь период вегетации ячменя составил 0,5 – это соответствует засушливой погоде. По фазам развития ячменя распределение осадков было не равномерным. Период посев – всходы (11 дней) был благоприятным для прорастания зерна и получения дружных всходов, ГТК составил 1,1, что соответствует умеренному увлажнению. Остальные периоды роста и развития ячменя проходили при недостатке влаги и повышенном температурном режиме.

Таблица 1

Погодные условия по фазам развития ячменя

Фазы развития культуры	Показатель	2019	2020	2021	2022	Средние многолетние показатели
Посев – всходы	Осадки, мм	21,9	6,3	9,0	13,3	12,5
	Температура, 0С	13,1	11,3	22,2	11,0	12,5
	ГТК	1,8	0,7	0,7	1,1	
Всходы – кущение	Осадки, мм	147,9	7,9	6,4	8,1	22,9
	Температура, 0С	19,4	10,7	18,3	10,3	14,3
	ГТК	5,9	0,8	0,3	0,9	
Кущение – колошение	Осадки, мм	20,5	14,5	39,9	24,3	52,5
	Температура, 0С	19,1	20,7	20,0	19,8	17,4
	ГТК	0,4	0,2	0,8	0,4	
Колошение – спелость	Осадки, мм	44,9	3,5	18,0	37,7	74,3
	Температура, 0С	18,3	22,3	22,5	21,1	20,1
	ГТК	0,8	0,05	0,3	0,5	
За вегетацию ячменя	Осадки, мм	235,2	32,2	73,3	83,4	162,2
	Температура, 0С	17,5	19,3	21,2	18,2	16,3
	ГТК	1,6	0,2	0,5	0,5	
Индекс условий среды		+1,2	+8,6	-3,8	-6,2	

Расчет индекса условий среды по годам показал, что из четырех лет изучения наиболее благоприятными для роста и развития ячменя, сложились 2019 и 2020 годы, индексы условий среды составили +1,2 и +8,6. Показатели урожайности были наибольшими, так в 2019 году в среднем по опыту урожайность изменялась от 35,2 до 40,5 ц/га, в 2020 году от 41,5 до 46,7 ц/га.

В 2021 и 2022 годах индекс условий среды имел отрицательные значения, что характеризует эти годы как неблагоприятные для получения высокого урожая ячменя. Так в 2021 году средняя урожайность по опыту составила 32,2 ц/га и колебалась по вариантам от 26,9 до 41,4 ц/га, в 2022 году средняя по вариантам урожайность была самая низкая за годы исследования, она составила 29,8 ц/га и была на 6,2 ц/га ниже, чем средней по опыту (табл. 2).

Сорта и линии различно реагировали на изменяющиеся погодные условия. В 2020 году при благоприятных погодных условиях и в 2022 году при неблагоприятных условиях линия Л-54403 дала самую высокую продуктивность из набора изучаемых генотипов 46,7 и 32,4 ц/га. В среднем за все изучаемые годы урожайность линии составила 36,7 ц/га и была выше средней по опыту.

В 2019 и 2021 годах – сорт Грейс и линия-54241 обеспечили максимальную урожайность в опыте. Стоит отметить, что эти образцы в среднем за все годы испытания имели урожайность на 2,8-6,4% выше средней по опыту. Минимальная урожайность получена у линии – 59019.

Таблица 2

Урожайность ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании

№	Сорта, линии	Урожайность, ц/га				
		2019	2020	2021	2022	среднее (x _i)
1	Грейс	40,5	44,1	41,4	27,1	38,3
2	Л-54241	37,6	45,7	33,3	31,2	37,0
3	Л-54055	36,9	45,0	30,2	31,2	35,8
4	Л-54403	36,7	46,7	31,1	32,4	36,7
5	Л-59019	35,2	41,5	26,9	30,7	33,6
6	Атаман	36,1	44,6	30,5	26,4	34,4
	Среднее (x _i)	37,2	44,6	32,2	29,8	36,0
	НСР05 ,ц/га	2,2	1,8	3,2	2,6	

Учитывая специфические особенности климата северо-восточной части Центрально-Черноземного региона, немаловажным является выявление образцов ячменя, адаптированных к изменяющимся погодным условиям по расчету статистических параметров, характеризующих устойчивость генотипов к абиотическим и биотическим стрессорам.

Теория и практика показала, что при отборе на высокую продуктивность снижается общая приспособленность организма, и в большинстве случаев крайне высокая экологическая устойчивость растений обычно сочетается с низкой их продуктивностью. Более высокоурожайные сорта и гибриды весьма чувствительны к абиотическим и биотическим стрессам. Интенсивный отбор по одному признаку снижает общую приспособленность. Поэтому необходимо уделять большее внимание сочетанию высокой продуктивности фенотипов с их устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды.

Расчет параметров экологической адаптивности дал характеристику изучаемым сортам, что позволило определить основные статистические параметры, характеризующие адаптивный потенциал сортов и выделить наиболее урожайные, стабильные и ценные селекционные генотипы.

Эффективный метод по оценке адаптивной способности сортов разработан А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой, по которому можно определить реакцию сорта на условия выращивания (1997). Разработанный метод генетического анализа, основанный на испытании генотипов в различных средах позволяет выявить общую и специфическую адаптивную способность, их стабильность, селекционную ценность.

В условиях нашего региона высокую общую адаптивную способность показали сорт Грейс (ОАС=2,3) и линии Л-54241 (ОАС=1,0), Л-54403 (ОАС=0,7) (табл. 3). Эти генотипы во все годы испытания обеспечили максимальную урожайность.

Самыми стабильными оказались линии Л-54403 и Л-54241, которые имели относительную стабильность $S_{qi}=14,2-16,2\%$ и коэффициент регрессии на среду $b_i=0,92-0,99$. Причем эти линии сочетали высокую стабильность с высокой урожайностью. Наибольшей отзывчивостью на изменение условий среды обладает сорт Атаман ($S_{qi} 21,8\%$, $b_i=1,2$). Такой сорт не обеспечивает высокого урожая в неблагоприятных условиях выращивания. В качестве меры стабильности генотипа предлагается применять вариацию специфическая адаптивная способность (САС). Чем больше показатель специфической адаптивной способности, тем менее стабильным будет значение признака при изменении условий среды. Наибольшую специфическую адаптивную способность в нашем опыте имели сорта Грейс (САС=7,25) и Атаман (САС=7,50). Такие сорта резко снижают урожайность при неблагоприятных условиях выращивания.

Для одновременного отбора форм на общую адаптивную способность и стабильность определена селекционная ценность генотипа (СЦГ). Это является интегральным показателем, характеризующим сочетание в сорте продуктивность и стабильность урожая, что позволяет более объективно подходить к оценке новых сортов и гибридов. Среди

наиболее продуктивных генотипов, лучшими линиями сочетающие высокую продуктивность и высокую селекционную ценность являются линии Л – 52424 (СЦГ=20,1), Л – 54403 (СЦГ=22,0) и сорт Грейс (СЦГ=17,9).

Эти сорта предпочтительнее использовать в дальнейшей селекционной работе. Учёт параметров адаптивной способности и стабильности образцов, а так же селекционной ценности генотипа позволяет более объективно подходить к оценке и созданию новых перспективных сортов, гибридов.

Таблица 3

Параметры адаптивной способности и стабильности сортов

№	Сорта, линии	Общая адаптивная способность (ОАС)	Специфическая адаптивность генотипа (САС)	Стабильность генотипа (Sqi)	Пластичность (bi)	Селекционная ценность генотипа (СЦГ)
1	Грейс	2,3	7,25	18,9	0,80	17,9
2	Л-54241	1,0	5,98	16,2	0,92	20,1
3	Л-54044	-0,2	6,38	17,8	0,96	17,8
4	Л-54403	0,7	5,20	14,2	0,99	22,0
5	Л-59019	-2,4	5,84	17,4	0,83	17,1
6	Атаман	-1,6	7,50	21,8	1,2	21,2

Заключение

В ходе исследований были изучены в питомнике конкурсного сортоиспытания сорта и линии ярового ячменя. В результате исследований выделены урожайные линии Л-54403, Л-54241 и сорт Грейс, эти образцы в среднем за все годы испытания имели урожайность на 2,8-6,4% выше средней по опыту. В условиях нашего региона высокую общую адаптивную способность показали сорт Грейс (ОАС=2,3) и линии Л-54241 (ОАС=1,0), Л-54403 (ОАС=0,7). Самыми стабильными оказались линии Л-54403 и Л-54241, которые имели относительную стабильность Sq_i=14,2-16,2% и коэффициент регрессии на среду bi=0,92-0,99. Высокую селекционную ценность имели линии Л – 52424 (СЦГ=20,1), Л- 54403 (СЦГ=22,0) и сорт Грейс (СЦГ17,9). Данные линии и сорта предложены для дальнейшего изучения и использования в селекционном процессе.

Литература

1. Тулякова М.В., Баталова Г.А., Лоскутов И.Г., Пермязова С.В., Кротова Н.В. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – № 1. – Т. 182. – С. 72-79.
2. Ерошенко Л.М., Ромахин М.М., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Ромахина В.В., Болдырев М.А. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – № 1. – Т. 183. – С. 38-47.
3. Блохин В.И., Никифоров И.Ю., Ганиева И.С., Лапочкина М.А., Малафеева Ю.В. Анализ адаптивного потенциала сортов и линий ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 4.(44). – С. 163-172. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172
4. Андреев А.А., Драчева М.К. Изучение сортов ярового ячменя в коллекционном питомнике в северо-восточной части ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3 (39). – С.102-106. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-102-106

References

1. Tulyakova M.V., Batalova G.A., Loskutov I.G., Permyakova S.V., Krotova N.V. Evaluation of the adaptive parameters of the collection samples of hulled oats in terms of yield in the conditions of the Kirov region // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2021. no.1. V. 182. Pp. 72-79.
2. Eroshenko L.M., Romakhin M.M., Eroshenko N.A., Dedushev I.A., Romakhina V.V. Boldyrev M.A. Yield, plasticity, stability and homeostasis of spring barley varieties in the Nonchernozem zone // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2022. no.1. V. 183. Pp. 38-47.
3. Blokhin V.I., Nikiforov I.Yu., Ganieva I.S., Lapochkina M.A., Malafeeva Yu.V. Analysis of the adaptive potential of varieties and lines of spring barley on the basis of "weight of 1000 grains"// *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022. no.4. Pp.163-172. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172
4. Andreev A.A., Dracheva M.K. Study of spring barley varieties in a collection nursery in the northeastern part of the Central Chernozem Region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021. no.3 (39). Pp.102-106. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-102-106

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО НОВЫХ СОРТОВ И СОРТООБРАЗЦОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Н. НАУМКИН, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0003-2489-710X

E-mail: naumkin47@mail.ru

М.И. ЛУКАШЕВИЧ*, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0001-9814-1642

E-mail: lupin_mail@mail.ru

С.Г. КИСЕЛЕВА, аспирант, ORCID ID 0009-0006-7910-1999,

E-mail: kiseleva.s.gen@yandex.ru

А.С. БЛИННИК, аспирант, ORCID ID 0000-0001-5995-7155, E-mail: aleks.blinnik@yandex.ru

О.Ю. АРТЕМОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID 0000-0001-5620-078X, E-mail: kurenskaya_oy@bsaa.edu.ru

ФГБОУ ВО БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА

*ФГБНУ ВНИИ ЛЮПИНА – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ВИК ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА,
Г. БРЯНСК

*В селекционных программах по созданию новых сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) особое внимание заслуживают исходные формы для скрещивания, в которых высокая урожайность семян сочетается с высоким содержанием белка и жира, малой алкалоидностью. Важное значение при этом уделяется подбору сортов по производственному потенциалу в конкретном регионе возделывания. Объектом для изучения были выбраны два новых сорта и четыре сортообразца люпина белого селекции ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Опыты проводили в 2021 и 2022 гг. на черноземе типичном в коллекционном питомнике агрономического факультета Белгородского ГАУ. В результате оценки новых сортов и селекционного материала дан сравнительный анализ по линейному росту растений, структуре урожая, урожайности семян, их биохимической характеристике в засушливых условиях Белгородской области. Выделены новые перспективные сортовые образцы люпина белого СН 40-20, СН 27-20 с высокой урожайностью семян 402,9 и 394,8 г/м², содержанием белка 44,76 и 42,78%, жира 10,57 и 10,41% соответственно. Данные сортовые образцы представляют большой интерес для использования в селекционных программах с культурой люпина белого. По результатам проведенных исследований в засушливых условиях Белгородской области выделен новый сорт люпина белого Пилигрим с достаточно высокой урожайностью семян 359,7 г/м², сочетающий такие хозяйственно ценные признаки, как высокое содержание белка 40,89% и жира 9,44% в семенах при малой их алкалоидности – 0,079%.*

Ключевые слова: люпин белый, коллекционный питомник, сорт, сортообразец, линейный рост урожайность, структура, качество, семена.

Для цитирования: Наумкин В.Н., Лукашевич М.И., Киселева С.Г., Блинник А.С., Артемова О.Ю. Урожайность и качество новых сортов и сортообразцов люпина белого в условиях Белгородской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):90-95. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-90-95

YIELD AND QUALITY OF NEW VARIETIES AND CULTIVARS OF WHITE LUPINE UNDER CONDITIONS OF BELGOROD OBLAST

V.N. Naumkin, M.I. Lukashevich*, S.G. Kiseleva, A.S. Blinnik, O.Yu. Artemova

FSBEI HE «V.YA. GORIN STATE AGRARIAN UNIVERSITY, BELGOROD»
*FSBSI «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN» – BRANCH OF FSBSI
«FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND
AGROECOLOGY», BRYANSK

Abstract: *In breeding programs to create new varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.), special attention should be paid to the original forms for crossing, in which high seed yields are combined with high protein and fat content and low alkaloid content. The selection of varieties according to their production potential in a particular region of cultivation is of great importance. Two new varieties and four varieties of white lupine selected by the VNII Lupin branch of the V.R. Williams VIC were the objects of the study. The experiments were carried out in 2021 and 2022 on typical chernozem in the collection nursery of the Faculty of Agronomy of Belgorod State Agrarian University. As a result of the evaluation of new varieties and breeding material, a comparative analysis on the linear growth of plants, yield structure, seed yield, their biochemical characteristics in the arid conditions of Belgorod region was given. Were selected new promising variety samples of lupine white CH 40-20, CH 27-20 with high seed yield 402,9 and 394,8 g/m², protein content 44,76 and 42,78%, fat 10,57 and 10,41% respectively. These varieties are of great interest for use in breeding programs with white lupine. According to the results of researches in droughty conditions of the Belgorod region, a new variety of white lupine, Pilgrim, with high enough seed yield of 359,7 g/m² combining such economically valuable characteristics as high protein 40,89% and fat content in seeds 9,44% at their low alkaloid content 0,079%, was also selected.*

Keywords: white lupine, collection nursery, variety, variety specimen, linear growth yield, structure, quality, seeds.

Введение

На данный момент наша страна сталкивается с множеством проблем, связанных с санкциями, снижением импорта продовольствия и плодородия почв [1]. В связи с этим, актуален переход на отечественное производство, особенно возделывание собственных сортов зерновых бобовых культур, в том числе и люпина белого, обладающих высокой урожайностью и качеством семян. Важные показатели, которые необходимо при этом учитывать – линейный рост растений, урожайность, структура урожая и качество семян. Возделывание люпина белого актуально, так как он содержит высокое содержание белка 38-42%, улучшает плодородие, повышает уровень азота и фосфора в почве, требует минимальных энергетических и трудовых затрат. К тому же, семена люпина являются одним из резервных источников белка и незаменимых аминокислот, необходимых в кормлении животных и птицы. Перед скармливанием семена люпина не требуют термической обработки, так как не содержат ингибитора трипсина, в отличие от сои [2, 3, 4, 5, 6].

Высокая урожайность и качество семян определяются не только генотипом, но и регионом возделывания, агрохимическими показателями почвы, влаго- и теплообеспеченностью, условиями симбиотической фиксации азота. Погодные и почвенные условия Белгородской области обеспечивают хорошую среду обитания для возделывания зерновых бобовых культур, в том числе и люпина белого.

Однако, исследования по возделыванию и использованию кормового люпина пока не дали окончательного результата. Для современного производства необходимы адаптивные сорта люпина белого, которые можно было бы продуктивно и эффективно использовать в Центрально-Черноземном регионе и в том числе Белгородской области [7, 8, 9, 10, 11]. Поэтому оценка и внедрение новых сортов люпина белого является необходимым, ключевым условием для получения высоких урожаев наряду с повышением уровня плодородия почвы.

Цель исследования – оценка новых сортов и сортообразцов люпина белого с высокой урожайностью и качеством семян по данным лабораторных и полевых исследований.

Материалы и методы исследования

В 2021 и 2022 годах в коллекционном питомнике агрономического факультета Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина были проведены полевые опыты по изучению урожайности, оценке качества (содержание белка, жира, алкалоидов) новых сортов и сортообразцов люпина белого.

Опытный участок представлен среднemocным типичным черноземом с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Содержание гумуса в слое 0-40 см составило 4,13%, легкогидролизуемого азота по Корнфилду – 137,8 мг/кг, подвижного фосфора по Чирикову – 180,0 мг/кг, обменного калия по Чирикову – 153,0 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 5,3.

По данным метеопоста, расположенного в поселке Майский, погодные условия вегетационных периодов 2021-2022 гг. были засушливыми, но относительно благоприятными и по температурному режиму, и количеству выпавших осадков.

В полевом мелкоделяночном опыте изучали новые сорта: Мичуринский – стандарт; Пилигрим и сортовые образцы СН 1-15; СН 40-20; СН 27-20; СН 90-17.

Полевые опыты проводили в соответствии с установленными методиками. Площадь учетных делянок в микрополевым опыте составила 1,0 м² в шестикратной повторности, размещение систематическое. Посев был произведен при температуре почвы на глубине заделки семян 6 –7°С. Норма высева составила 1,3 млн. шт. га. всхожих семян. В качестве способа посева был выбран рядовой с междурядьями 15 см. Агротехника возделывания – традиционная для ранних зернобобовых культур в данном районе. Предшественник ячмень яровой.

Уборку делянок проводили вручную. Структуру урожая определяли на 25 растениях. Собранный урожай семян взвешивали и пересчитывали на 100% чистоту и 14% влажность. Фенологические наблюдения проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985). Высоту растений определяли на 25 растениях с каждой делянки в различные фенологические фазы развития в соответствии с Методикой Всероссийского института кормов для полевых опытов с кормовыми культурами (1997). Данные, полученные в результате исследования, были обработаны с помощью аналитической дисперсионной методики, разработанной Б.А. Доспеховым (1985).

Результаты исследования

В сложившихся погодных условиях вегетации 2021-2022 гг. наибольшая высота растений люпина белого наблюдалась у сортообразца СН 40-20. Он превысил стандарт в фазу ветвления на 1,6 см, фазу цветения – на 4,6 см, фазу образования бобов – на 8,4 см, что математически доказано на 5% уровне значимости (табл. 1).

Таблица 1

Динамика линейного роста сортов и сортовых образцов люпина белого, 2021-2022 гг.

№ п\п	Сорт, сортообразец	В среднем на одно растение по фазам развития, см		
		ветвление	цветение	образование бобов
1.	Мичуринский – стандарт	16,1	53,5	73,0
2.	Пилигрим	16,6	53,4	71,1
3.	СН 1-15	16,5	56,5	74,9
4.	СН 40-20	17,7	58,1	81,4
5.	СН 27-20	17,1	60,4	78,2
6.	СН 90-17	16,8	56,5	78,5
НСР ₀₅		0,85	3,94	6,60

Сортообразец СН 27-20 в фазу образования бобов также достоверно превысил стандарт на 5,2 см. На всем протяжении вегетационных периодов отклонения по высоте растений не выходили за пределы НСР₀₅ у сорта Пилигрим, сортовых образцов СН 1-15 и СН 90-17.

Результаты проведенных опытов показали, что в годы исследований линейный рост сортов и сортообразцов люпина белого зависел как от их генетических особенностей, так и складывающихся метеорологических условий.

Согласно проведенным исследованиям, урожайность семян сортов и сортообразцов люпина в среднем за два года варьировала от 326,0 г/м² до 402,9 г/м², что является достаточно большим интервалом. Максимальную урожайность в среднем за два года показал сортообразец СН 40-20 – 402,9 г/м², что на 76,9 г/м² или 23,6% выше, чем у стандартного сорта Мичуринский (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность семян сортов и сортообразцов люпина белого

№ п/п	Сорт, сортообразец	Урожайность, г/м ²			± к стандарту	
		2021	2022	среднее	г/м ²	%
1.	Мичуринский – стандарт	300,9	351,1	326,0	-	-
2.	Пилигрим	365,1	354,2	359,7	33,65	10,3
3.	СН 1-15	364,9	346,6	355,8	29,75	9,1
4.	СН 40-20	446,2	359,5	402,9	76,90	23,6
5.	СН 27-20	390,0	399,7	394,8	68,80	21,1
6.	СН 90-17	327,3	329,6	328,5	2,45	0,8
НСР ₀₅		68,69	48,3	-	-	-

Высокий показатель урожайности семян в годы проведения опытов также обеспечил сортообразец СН 27-20 – 394,8 г/м², он достоверно превысил стандартный сорт на 68,8 г/м², или на 21,1%.

Урожайность нового сорта Пилигрим оказалась на уровне стандарта – 359,7 г/м², как и у двух других сортообразцов СН 1-15 – 355,8 г/м² и СН 90-17 – 328,5 г/м².

Исходя из результатов исследований наиболее урожайными оказались сортообразцы СН 40-20 и СН 27-20, которые можно использовать в качестве источников ценных признаков на продуктивность люпина белого.

Важным показателем продуктивности посевов в складывающихся условиях вегетации растений является структура урожая. Устойчивым элементом структуры урожая растений является число бобов на 1 растении. В наших исследованиях их количество колебалось от 4,4 шт./раст. у сорта Мичуринский до 5,6 шт. /раст. сорта Пилигрим. По числу бобов, семян и массе на растение сорт Пилигрим превысил стандартный сорт Мичуринский на 4,5 шт. /раст. (табл. 3).

Таблица 3

Элементы структуры урожая сортов и сортообразцов люпина белого, 2021-2022 гг.

№ п/п	Сорт, сортообразец	Число бобов на 1 раст., шт.	Число семян на 1 раст., шт.	Масса семян с 1 раст., г	Масса 1000 семян, г
1.	Мичуринский – стандарт	4,4	15,4	5,0	271,3
2.	Пилигрим	5,6	19,9	5,3	276,6
3.	СН 1-15	4,7	15,3	4,8	287,4
4.	СН 40-20	4,8	17,5	6,8	302,2
5.	СН 27-20	4,7	16,4	4,8	309,8
6.	СН 90-17	5,0	14,9	4,7	271,6
НСР ₀₅		0,7	2,4	0,7	50,82

Сортообразец СН 40-20 при массе семян 6,8 г превысил стандартный сорт Мичуринский на 1,8 г с растения. По массе 1000 семян сорт Пилигрим и все сортообразцы оказались на уровне стандарта на 5% уровне значимости.

Для получения высококачественных кормов из семян люпина и дальнейшей их переработки необходим биохимический анализ семян на содержание белка, жира, а также уровня алкалоидов.

Результаты анализа показали, что наибольшее содержание сырого протеина оказалось у сортообразцов СН 1-15 – 44,08%, СН 40-20 – 44,76%, СН 27-20 – 42,78%, что выше на 4,21-5,51% по сравнению со стандартом. У сорта Пилигрим и сортообразца СН 90-17 содержание белка составило от 40,02% до 40,89% (табл. 4).

Таблица 4

Биохимический анализ семян сортов и сортообразцов люпина белого, 2021-2022 гг.

№ п/п	Сорт, сортообразец	Белок, %	Жир, %	Алкалоиды, %
1.	Мичуринский – стандарт	38,57	9,96	0,053
2.	Пилигрим	40,89	9,44	0,079
3.	СН 1-15	44,08	10,23	0,133
4.	СН 40-20	44,76	10,57	0,227
5.	СН 27-20	42,78	10,41	0,130
6.	СН 90-17	40,02	10,00	0,156

Содержание жира в семенах белого люпина является наиболее стабильным показателем, который в среднем за 2 года варьировал в незначительных пределах от 9,96 до 10,57 % в зависимости от сортов, сортообразцов и погодных условий.

Однако, следует отметить, что к скармливанию семян люпина необходимо подходить с осторожностью по причине содержания в них алкалоидов. Если данный параметр превышает 0,1%, то такие семена не пригодны к скармливанию. Именно поэтому так важно создание безалкалоидных или мало алкалоидных сортов. В наших лабораторных исследованиях установлено, что к мало алкалоидным относятся лишь сорта Мичуринский – 0,053% и Пилигрим — 0,079%. Сортообразцы с содержанием алкалоидов СН 1-15 – 0,133%, СН 40-20 – 0,227%, СН 27-20 – 0,130% и СН 90-17 – 0,156% относятся к алкалоидным.

Из полученных данных биохимического анализа следует, что сортовые образцы СН 1-15, СН 40-20 и СН 27-20 имели высокие показатели белка и жира. Довольно высокую урожайность семян и малый уровень алкалоидности имел новый сорт люпина белого Пилигрим.

Заключение

По итогам экологического испытания, биохимического анализа семян сортов и сортовых образцов люпина белого установлено, что у нового сорта Пилигрим имеется огромный потенциал для возделывания на черноземных почвах в условиях Белгородской области. Проведенные исследования выделили сортообразцы СН 40-20, СН 27-20 максимально сочетающие урожайность с основными хозяйственными показателями, содержанием белка и жира. Они представляют интерес в селекционных программах с люпином белым.

Литература

1. Масалов В.Н., Березина Н.А., Лобков В.Т., Бобкова Ю.А. Управление плодородием почв на основе интенсификации биологических факторов в системах земледелия. // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 3(90). – С. 10-17.
2. Гапонов Н.В. Значение люпина в продовольственной безопасности страны. // Инновации и продовольственная безопасность. – 2020. – № 4. – С. 101-107.
3. Мельников В.И., Артюхов А.И., Наумкин В.Н. Люпин – культура XXI века. // Белгородский агромир: журнал об эффективном сельском хозяйстве. – 2014. – №4. – С. 33-37.
4. Пташник О.П. Изучение продуктивности и качества зерна сортов и сортообразцов люпина белого (L.). – Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 3. – С. 155-163.
5. Резвякова С.В., Архангельская А.С. Влияние почвенных условий на урожайность люпина белого. // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 6 (87). – С. 33-39.

6. Сурова Т.С., Мишина З. А., Проскура Д.В. Экономическая эффективность воспроизводства земельных ресурсов в сельском хозяйстве. // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 12. – С. 118-137.
7. Блиник А.С., Артемова О.Ю. Сравнительная оценка перспективных сортообразцов люпина белого по урожайности семян в условиях Белгородской области. // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 29-30 марта 2022 года. Том 1. Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, 2022. – С. 16-17.
8. Равков Е.В., Малышкина Ю.С. Адаптивный потенциал белого люпина в условиях республики Беларусь. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 97-100.
9. Наумкин В.Н., Артюхов А.И., Куренская О.Ю., Стебаков В.А. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании люпина белого в юго-западной части Центрально-Черноземного региона. // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 5 (80). – С. 18-25.
10. Наумкин В.Н., Ступин А.С. Технология растениеводства: учебное пособие для вузов. // 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 592 с.
11. Орлова А.Г., Рапина О.Г. Сравнительная продуктивность различных сортов люпина белого в условиях Ленинградской области. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4. – С. 17-22.

References

1. Masalov V.N., Berezina N.A., Lobkov V.T., Bobkova Y.A. Management of soil fertility on the basis of intensification of biological factors in farming systems // *Bulletin of Agrarian Science*. - 2021. - no. 3(90). - Pp. 10-17.
2. Gaponov N.V. The importance of lupine in the food security of the country // *Innovation and food security*. - 2020. - no. 4. - Pp. 101-107.
3. Melnikov V.I., Artyukhov A.I., Naumkin V.N. Lupin - crop of the XXI century // *Belgorod Agromir: Journal of effective agriculture*. - 2014. - no.4. – pp. 33-37.
4. Ptashnik O.P. The study of productivity and grain quality of varieties and variety species of lupine white (L.) // *Tavrichesky vestnik of agrarian science*. - 2021. - no. 3. - Pp. 155-163.
5. Rezvyakova S.V., Arkhangel'skaya A.S. Influence of soil conditions on yield of white lupine // *Bulletin of Agrarian Science*. - 2020. - no. 6(87). - Pp. 33-39.
6. Surova T.S., Mishina Z.A., Proskura D.V. *Economic Efficiency of Land Resources Reproduction in Agriculture*. - 2020. - no. 12. - Pp. 118-137.
7. Blinnik A.S., Artemova O.Y. Comparative assessment of promising varieties of white lupine on seed yield in conditions of Belgorod region // *Gorin readings. Innovative solutions for agroindustrial complex : Proceedings of International Student Scientific Conference, Mayskiy, 29-30 March 2022. Vol. 1. - Mayskiy: Belgorod State Agrarian University named V.Y. Gorin, 2022. - Pp. 16-17.*
8. Ravkov E.V., Malyshkina Y.S. Adaptive potential of white lupine in the conditions of the Republic of Belarus // *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. - 2019. - no. 2. - Pp. 97-100.
9. Naumkin V.N., Artyukhov A.I., Kurenskaya O.Yu., Stebakov V. A. Effectiveness of macro- and microfertilizers in the cultivation of white lupine in the southwestern part of the Central Black Earth region // *Bulletin of Agrarian Science*. - 2019. - no. 5 (80). - Pp. 18-25.
10. Naumkin V.N., Stupin A.S. Technology of crop production: textbook for universities - 3rd ed. - Saint-Petersburg: Lan' Publisher, 2021. - 592 p.
11. Orlova A.G. Rapina O.G. Comparative productivity of different varieties of white lupine in the conditions of the Leningrad region // *Proceedings of St. Petersburg State Agrarian University*. - 2019. - no. 4. - Pp. 17-22.

СЕЛЕКЦИЯ ПРОСА ПОСЕВНОГО НА ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ

Л.Х. СОКУРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID: 0000-0002-2352-8057, E-mail: bolotokova1975@mail.ru

ФГБНУ ФНЦ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
E-mail: kbniish2007@yandex.ru

Объектом исследований являются 62 линии проса селекции ИСХ КБНЦ РАН, которые изучались в группе селекции и семеноводства проса на базе научно-производственного отделения №2 Терского района КБР (степная зона). Целью исследований является получение новых генотипов проса с повышенными продуктивностью и качеством зерна, жаро- и засухоустойчивостью, неполегающие, неосыпающиеся формы для дальнейшей передачи новых сортов на Государственное сортоиспытание и производство семян высших репродукций, допущенных к использованию сортов. В процессе работы проводились экспериментальные исследования в соответствии с Методическими указаниями по проведению полевых опытов (Б.А. Доспехов, 1989), Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). В результате проведенных научных исследований в период с 2020-2022 гг. выделено 19 высокоурожайных стрессоустойчивых генотипов проса, превышающие стандарт по продуктивности на 10-15% и более. Основным методом получения генотипов является искусственная целенаправленная гибридизация с обязательным вовлечением в скрещивания доноров скороспелости, короткостебельности, крупнозерности, различных форм метелки и ее продуктивности, устойчивости к неблагоприятным факторам среды и меланозу, отличного качества крупы и технологических достоинств с последующим направленным индивидуальным отбором, в основу которого положены следующие условия: непрерывное и целенаправленное насыщение селекционного материала признаками и свойствами, определяющих засухоустойчивость, жаростойкость, устойчивость к болезням, слабое осыпание зерна, одновременность созревания зерна в метелке и др. Находится на государственном сортоиспытании сорт проса Шхельда, отличающийся стабильной урожайностью и высокой степенью надежности при выращивании в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской республики.

Ключевые слова: просо, высокая продуктивность, экологическая устойчивость, генотип.

Для цитирования: Сокурова Л.Х. Селекция проса посевного на повышение продуктивности. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):96-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-96-101

BREEDING OF COMMON MILLET TO INCREASE PRODUCTIVITY

L.H. Sokurova

KABARDINO-BALKARIAN SCIENTIFIC CENTER
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract: *The object of research are 62 millet breeding lines of the ISS KBNTS RAS, which were studied in the millet breeding and seed production group on the basis of NGO No. 2 (steppe zone). The aim of the research is to obtain new genotypes of millet with increased productivity and grain quality, heat and drought resistance, non-overlapping, non-crumbling forms for further transfer of new varieties to State variety testing and production of seeds of higher reproductions*

approved for use of varieties. In the course of the work, experimental studies were carried out in accordance with the Methodological guidelines for conducting field experiments (B.A. Dospikhov, 1989), the Methodology of the state variety testing of agricultural crops (1989). As a result of scientific research conducted in the period from 2020-2022, 19 high-yielding stress-resistant millet genotypes were identified, exceeding the standard in productivity by 10-15% or more. The main method of obtaining genotypes is artificial purposeful hybridization with mandatory involvement in the crossing of donors of precocity, short-stemmed, coarse-grained, various forms of panicle and its productivity, resistance to adverse environmental factors and melanosis, excellent quality of cereals and technological advantages, followed by targeted individual selection, which is based on the following conditions: continuous and purposeful saturation of breeding material signs and properties that determine drought resistance, heat resistance, resistance to diseases, weak shedding of grain, simultaneous ripening of grain in a panicle, etc. The Shkhelda millet variety, characterized by stable yield and a high degree of reliability when grown in the conditions of the steppe zone of the Kabardino-Balkarian republic, is under state variety testing.

Keywords: millet, high productivity, environmental sustainability, genotype.

Введение

Просо является одной из основных и наиболее древних крупяных культур разностороннего использования.

Благодаря своей скороспелости, солевыносливости, высокой потенциальной продуктивности, высокой приспособленности к широкому диапазону сроков сева и другим особенностям, просо относится к важным культурам зон недостаточного увлажнения [1].

Наиболее ценным и основным продуктом просоводства является пшено, по вкусовым качествам и пищевым достоинствам занимающее одно из первых мест среди других круп. По содержанию белка пшено занимает первое место среди крупяных культур (белка содержит 12-14%, углеводов – 6,9; жира – 1-3%). Это диетический, более полноценный и легкоусвояемый белок. В составе проса выявлено 19 незаменимых аминокислот. Зерно проса отличается высоким содержанием липидов, среди которых наибольший интерес представляет биологически активное вещество милиацин, обладающий ценными лекарственными свойствами [2].

В настоящее время большое внимание уделяется разработке и освоению альтернативных методов ведения сельского хозяйства, основанных на сокращении синтетических минеральных удобрений, средств защиты растений и максимальном использовании биологических факторов повышения плодородия почвы, подавления болезней, вредителей, сорняков.

Многолетние данные науки и практики свидетельствуют о том, что высокий и устойчивый урожай сельскохозяйственных культур можно обеспечить лишь в том случае, если в каждом районе и хозяйстве почвенно-климатические и погодные ресурсы будут использовать более дифференцированно, т.е. сорта и гибриды размещать с учетом их потенциальной продуктивности и экологической устойчивости, а также вариативности микроклимата и плодородия почв в пределах каждого севооборота и поля [3].

Только на такой основе может быть достигнут высокий интегративный эффект. В связи с этим в последнее время все большее внимание уделяется так называемому высокоточному (прецизионному) земледелию, базирующемуся на использовании высоких технологий (информационные и спутниковые навигационные системы сбора и обработки данных и пр.). с помощью такой системы и специальной техники (сеялки, тукообразователи, опрыскиватели, комбайны) проводят точный высеv семян, внесение удобрений, пестицидов и биологически активных веществ, что даст большой экономический и экологический эффект. Очевидно, что система высокоточного (прецизионного) земледелия вбирает в себя весь опыт (многовековой и современный), в т.ч. адаптивное (во времени и пространстве) размещение сортов растений, использование адаптивных севооборотов, специальные обработки почвы, локального внесения минеральных удобрений, капельного полива и т.д. В основе

высокоточного земледелия и сортовой агротехники лежит адаптивное использование природных, биологических, техногенных, трудовых и других ресурсов. Именно на такой основе могут быть обеспечены ресурсоэкономичность, природоохранность, экологическая устойчивость и рентабельность сельскохозяйственного производства [4].

Возможности сорта в реализации потенциала урожайности зависят от условий вегетации растений, уровня устойчивости к стрессовым факторам, технологии возделывания. В определении показателей урожайности и биологической продуктивности важную роль играет экологическая устойчивость растений, характеризующая эволюционно и генетически обусловленную способность сортов и гибридов противостоять действию абиотических и биотических стрессоров (засухе, жаре, суховеям и т.д.) [5].

Материалы и методы

Исследования выполнялись в 2020-2022 годах на опытном поле Института сельского хозяйства, расположенного в степной зоне КБР, которая характеризуется недостаточной увлажненностью. Среднегодовое количество осадков по многолетним данным составляет 466 мм, в том числе за вегетационный период – 300-500 мм. В течение года осадки распределяются следующим образом: летом – 35-40%, весной – 24-25%, осенью – 22-23%, зимой – 10-12% от среднегодового количества.

Максимум относительной влажности воздуха приходится на зимние месяцы, а минимум – на летние. Относительная влажность летом опускается до 20-39%. Годовое количество дней с относительной влажностью 30% и ниже, т.е. вредной для сельскохозяйственных культур в период их развития невелико, в среднем 10-19 дней.

Самый теплый месяц – июль со средней многолетней температурой 22,0-23,0°C, иногда она повышается до 42°C и выше.

Почвы в степной зоне представлены обыкновенными черноземами. Подвижного фосфора в почве содержится в пределах 15,6-28,7 мг/кг, мощность гумусного слоя 9%, содержание обменного калия – 200-300 мг/кг (по Мачигину). Реакция почвы слабощелочная – рН в пределах 7,6-8,0.

Объектами исследований в наших опытах были генотипы, выделенные в результате изучения в 2020-2022 годах, а также сорта Чегет, Эльбрус 10, Кавказские зори селекции Кабардино-Балкарского НИИ сельского хозяйства.

Наблюдения, учеты, анализы и статистическую обработку экспериментальных данных проводили в соответствии с Методическими указаниями по проведению полевых опытов (Б.А. Доспехов, 1985, 1989). В течение вегетации наблюдали за динамикой роста растений, отмечали наступления фаз, этапов органогенеза и в конце вегетации проводили учет урожая.

Устойчивость к полеганию и осыпанию зерна определяли глазомерно по девятибальной системе в фазу хозяйственной спелости.

Для лабораторного анализа по количественным признакам перед уборкой отбирали сноповый материал в количестве 25 растений каждого образца.

Технология возделывания была общепринятая для проса.

Результаты и их обсуждение

В пределах разновидностей проса посевного наблюдаются большие сортовые различия по таким признакам как развитие первых листьев, высота растений и их кустистость, толщина стебля, количество междоузлий, длина последнего междоузлия, длина и форма метелки, ее плотность, количество веточек первого порядка, их длина, форма, крупность, окраска, выравненность, пленчатость зерна, выход крупы, ее окраска и другие.

Наиболее важные хозяйственноценные свойства сортов проса – уровень урожайности и его стабильность, устойчивость к различным абиотическим и биотическим факторам, снижающим урожайность, продолжительность вегетационного периода и т.д.

Продолжительность вегетационного периода и отдельных фаз вегетации, высота растений, толщина стебля и другие количественные признаки в значительной степени зависят от условий выращивания.

Стабильно высокую и устойчивую урожайность зерна проса дают те же сорта, которые наиболее приспособлены к контрастным условиям внешней среды и характеризуются высоким уровнем адаптивности к стресс-факторам биотического и абиотического характера. Выявление закономерностей перераспределения пластических веществ в растении проса, с селекционной точки зрения, позволяет более целенаправленно вести создание новых сортов и гибридов с заданным морфотипом и эффективностью физиологических процессов. Анализ продуктивности растений генотипов, в зависимости от степени проявления основных количественных признаков (вес зерна с главной метелки, масса 1000 зерен, длина метелки и др.) позволил разделить их на три группы.

Гибриды, проявившие гетерозис были отнесены к первой группе. В основном, данная группа генотипов была получена с участием высокопродуктивного родителя. Так, генотипы F₂-F₄ показали наибольшую изменчивость по продуктивности растений от скрещиваний высокопродуктивного сорта Чегет с линией (Мультилинейное×Запорожье). По урожаю зерна здесь основная масса растений занимала промежуточное положение, но некоторая часть из них заходила за крайние пределы родительских сортов.

Например, в рецiproкных скрещиваниях сортов Родимое×Ильиновское в F₃-F₄ было 18,3-19,7% семей, превышающих по урожаю зерна высокопродуктивный сорт Ильиновское. Еще наблюдается неоднородность растений по продуктивности в пределах семей гибридного питомника. Поэтому для создания высокопродуктивного и выравненного потомства проводятся многократные индивидуальные отборы.

Из 62 генотипов по урожайности в первую группу вошли 19 номеров проса. По выделившимся линиям урожайность составляет 32,0-35,0 ц/га, что выше стандарта Чегет на 8,0-11,0 ц/га (таблица).

Исследования показали, что гибриды от скрещивания близких по продуктивности сортов (2081 Сумская×8479 Родина), (1883 Чечено-Ингушская АССР×1519 Ставропольский край), (Туркмения×Эльбрус ю), (Квартет×Крымское) × Чегет и др. незначительно превышали по урожаю зерна с растения родительской формы.

При изучении наследования хозяйственноценных и морфологических признаков у гибридов наблюдали гетерозис, полное и частичное доминирование лучшего родителя, частичное или полное доминирование худшего родителя, промежуточное наследование признака и в некоторых случаях депрессию.

Среди изучаемых признаков по элементам продуктивности такой тип наследования, как сверхдоминирование, у гибридов встречался наиболее часто, что говорит о хорошей перспективе этих комбинаций в селекции на продуктивность. По числу зерен в метелке выделившиеся генотипы превышали стандартный сорт Чегет на 100-400 штук в метелке. Превышение над стандартом по весу зерна с метелки составило 1,3-2,2 г. Наибольшей массой зерна с метелки обладали генотипы (Орловское 777×1054 (Крупное) × Чегет); Эльбрус 10×Запорожье, 10284 НИР×Родимое, Омское5×Оренбургское 42 и др. Наибольшее количество крупнозерных форм отмечено в семьях тех комбинаций, в которых родительские пары имели крупное зерно: НУР×Родимое, [(Италия×2445 Абхазия) × Эльбрус 10], 7874 Харьковская область×Родимое] и др.

Высота растения является одним из наиболее важных морфологических признаков и находится в большой зависимости от условий вегетации. Известно, что с повышением культуры земледелия и особенно в увлажненные годы высота растений сильно изменяется, а в связи с этим изменяются и другие морфологические признаки. По высоте растения выделившиеся генотипы находились в пределах 90,0-130,0 см.

Исследования показали, что более мощные гибриды, превосходящие по высоте обоих родителей, наблюдались в скрещиваниях образцов, близких по этому признаку: (9023 Гибрид устойчив к головне × 10211 Ильиновское), Кавказские зори × 6071 Ростовская область, 9023 Гибрид уст. к головне × 4577 Черкасская область и другие.

По высоте растений большинство семей в F₃-F₅ в среднем занимали промежуточное положение между родителями или приближались к высокорослому родителю.

Генотипы проса, выделенные в результате изучения гибридного материала в 2020-2022 гг.

№ п/п	Генотипы	Урожайность, ц/га	Откл. от станд., ц/га	Число зерен с метелки	Вес зерна с мет., г	Масса 1000 зерен, г	Высота растения, см	Длина метелки, см	Полегаемость, балл	Осыпаемость, балл
1	10129 Чегет ст.	24,0	–	500	4,4	7,5	93,0	23,0	9	9
2	10211 Ильиновское×Родимое	33,4	9,4	800	6,0	8,3	117,0	25,0	9	9
3	Эльбрус 10×Запорожье	32,5	8,5	910	5,7	4,8	90,0	23,5	9	9
4	10284 НУР×Родимое	31,0	7,0	780	5,9	8,2	116,0	26,0	9	8
5	(Орл. 777×1054 Крупное)×Чегет	35,0	11,0	920	6,6	8,8	115,0	24,5	9	9
6	Омское 5×Оренбургское 42	32,5	8,5	750	6,5	8,2	96,7	23,0	9	9
7	Италия×2445 Абхазия	33,0	9,0	690	5,8	8,6	98,5	25,0	9	9
8	7874 Харьк. обл.×Родимое	33,5	9,5	780	6,0	8,5	110,0	28,0	9	8
9	9023 Гибр. уст. к гол.×Ильиновское	34,0	10,0	750	5,7	7,8	125,0	35,0	9	9
10	9023 Гибр. уст. к гол.×Черкасс. обл.	33,6	9,6	800	5,9	8,2	129,0	36,0	9	9
11	Кавказские зори×6071 Рост. обл.	34,5	10,5	780	6,6	8,8	112,5	30,0	9	9
12	Ильиновское×Чечено-Ингушетия	31,0	7,0	900	6,2	8,6	100,0	28,0	9	9
13	Ильиновское×Чегет	32,5	8,5	625	6,0	8,5	111,0	28,0	9	
14	Туркмения×Эльбрус 10	32,0	8,0	880	5,9	8,2	110,0	27,5	9	9
15	Чегет×Ильиновское	32,5	8,5	820	6,2	8,0	96,0	28,0	9	9
16	3835 Стахан.×10129 Чегет	31,0	7,0	815	6,1	7,5	112,0	30,0	9	
17	Гибр. уст. к гол.×Кабардино-Балк.	32,4	8,4	800	6,6	8,2	115,0	30,7	9	9
18	(Квартет-Крымская)×Чегет	33,0	9,0	650	5,5	8,4	120,0	33,5	9	9
19	10203 Харьк. обл.×10275 Квартет	32,0	8,0	900	5,8	8,4	130,0	36,0	9	9
	НСР ₀₅	3,1								

У расщепляющихся поколений гибридов, полученных от скрещивания форм, существенно различающихся по длине метелки выявлены в семьях высокие показатели наследуемости. У гибридов длина метелок была разнообразной и колебалась в пределах 23,0-36,0 см.

У гибридных растений колебания по длине метелки составили: раскидистый тип от 11,0 до 25,0 см, развесистый от 18,0 до 36,0 см, сжатый от 15,0 до 28,0 см, комовый от 10,0 до 17,0 см.

Засуха и жара первой половины вегетации 2022 года позволила сделать выводы, что все выделенные генотипы отличаются устойчивостью к засухе и к жаре. Также генотипы обладают достаточно высокой устойчивостью к болезням (головня, меланоз), полеганию растений и осыпанию зерна.

Выводы

1. Результатом практической селекции являются данные генотипы проса, существенно превышающие стандарт по всем количественным признакам. Это крупнозерные (масса 1000 зерен 7,5-8,8 г), превышение над стандартом Чегет по генотипам составляет до 1,3 г, это число зерен в метелке – (625-900 штук в метелке) превышение над стандартным сортом составляет до 425,0 штук.

Вес зерна с метелки варьировала в пределах от 5,5 до 6,6 г, то есть все генотипы имели высокий вес зерна с метелки.

2. На основании проведенных исследований можно полагать, что генотипы большинства образцов проса, контрастирующие по таким количественным признакам, как высота растения, длина метелки, число зерен в метелке, крупность зерна различаются по небольшому числу основных генов, входящих в генотипические системы, контролируемые каждые из этих признаков. Поэтому путем гибридизации возможна передача таких признаков от одного генотипа к другому. За счет перекомбинаций генов возможно появление трансгрессивных форм, превосходящих родительские формы по признакам, которые они контролируют.

3. Готовятся к передаче в государственное сортоиспытание сорт проса Муза, а также перспективные линии, которые выделяются по урожаю зерна и другим показателям.

Литература

1. Сокурова Л.Х., Яндиева А.Р. Поиск, изучение и выделение нового исходного материала для селекции проса. E3S Web of conferences. – Т. 262 (Scopus). 24.05.2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201033>
2. Гавриленко И.А. Просо – идеальная культура для сухой степи // Агробизнес. Казахстан. – 2021. – № 6. – С. 10-12.
3. Жученко А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке. Саратов: ООО Новая газета, – 2000. – 275 с.
4. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические аспекты). I и II том, Москва, издательство РУДН, – 2001. – 1480 с.
5. Сокурова Л.Х. Лимитирующие факторы продукционного процесса проса посевного в Кабардино-Балкарии // Известия КБНЦ РАН. – 2020. – № 1 (93). – С. 81-87.

References

1. Sokurova L.H., Yandieva A.R. Poisk, izuchenie i vydelenie novogo iskhodnogo materiala dlya selekcii prosa. [Search, study and isolation of new source material for millet breeding]. Web of conferences. V. 262 (Scopus). 24.05.2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201033>
2. Gavrilenko I.A. Proso – ideal'naya kul'tura dlya suhoj stepi [Millet is an ideal culture for the dry steppe]. "Agribusiness. Kazakhstan". 2021. No. 6. pp. 10-12. (In Russian)
3. Zhuchenko A.A. Fundamental'nye i prikladnye nauchnye prioritety adaptivnoj intensivatsii rastenievodstva v XXI veke [Fundamental and applied scientific priorities of adaptive intensification of crop production in the 21st century]. – Saratov: ООО Novaya Gazeta, 2000, 275 p. (In Russian)
4. Zhuchenko A.A. Adaptivnaya sistema selekcii rastenij (ekologo-geneticheskie aspekty) [Adaptive plant breeding system (ecological and genetic aspects)]. Volume I and II, Moscow, RUDN Publishing House, 2001. 1480 p. (In Russian)
5. Sokurova L.H. Limitiruyushchie faktory produkcionnogo processa prosa posevnogo v Kabardino-Balkarii [Limiting factors of the production process of millet in Kabardino-Balkaria] *Izvestiya KBNC RAN*. 2020, no. 1 (93). pp. 81-87. (In Russian)

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ САХАРНОГО И ТРАВЯНИСТОГО СОРГО В ЗОНЕ ЗАСУШЛИВОЙ ЧЕРНОЗЕМНОЙ СТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

В.С. ЕСКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORSID ID 0000-0003-2059-5067

В.В. ГУСЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0001-3858-1088

М.М. ХАЛИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0002-4229-2518

Р.А. ЭЛЕНБЕРГЕР, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0009-4060-4435

Н.В. БАХАРЕВА, научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-3556-4274

А.В. ХРАМОВ, научный сотрудник, ORCID ID 0009-0009-0636-0481

К.А. НАБАБКИНА, младший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0001-6483-6999

ФГБНУ ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА, Г. САРАТОВ, E-mail: yeskovavs@mail.ru

Сорго, несомненно, относится к таким сельскохозяйственным культурам, которые адаптируются к стрессовым факторам неблагоприятной среды при их возделывании. Адаптационные особенности и продуктивный потенциал характеризуют экологическую пластичность и стабильность урожая в конкретных условиях возделывания. Зона засушливой черноземной степи играет важную роль в агропромышленном секторе Поволжья. Сорго – засухоустойчивая и продуктивная сельскохозяйственная культура, которая способна формировать стабильный урожай в условиях часто повторяющихся засух. Большое значение в наше время приобретает соотношение потенциальной продуктивности и адаптивной способности кормовых культур. Поэтому перед селекционерами стоит задача выведения не только высокопродуктивных, но и экологически устойчивых сортов и гибридов. В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по изучению продуктивности сорговых культур, их стрессоустойчивости, а также параметров адаптивности сортов сахарного и травянистого сорго. Исследования проведены в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в лаборатории селекции и семеноводства кормовых культур и кукурузы. По результатам исследований выявлены наиболее перспективные высокопродуктивные линии, гибриды и сорта с достойными адаптивными свойствами. Наиболее стабильным и пластичным показал себя сорго – суданковый гибрид Листовой ($V=7\%$; $Нот=9$; $У2-У1=-1,7$; $Sc=10,2$). Из сортов сахарного сорго отличился сорт Рубеж ($V=12\%$; $Нот=3,8$; $У2-У1=-2,2$; $Sc=5,6$). ССГ Листовой и сорт сахарного сорго Рубеж проявили себя, как более адаптивные носители генотипов сорговых культур. Для использования их в производственных условиях сельхозпроизводитель должен учитывать не только высокий потенциал урожайности, но и статистические показатели адаптивности.

Ключевые слова: травянистое и сахарное сорго, сорта, гибриды, урожайность, параметры адаптивности.

Для цитирования: Ескова В.С., Гусев В.В., Халикова М.М., Эленбергер Р.А., Бахарева Н.В., Храмов А.В., Набабкина К.А. Оценка урожайности и параметров адаптивности сахарного и травянистого сорго в зоне засушливой черноземной степи Поволжья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):102-107. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-102-107

EVALUATION OF THE YIELD AND ADAPTABILITY PARAMETERS OF SUGAR AND GRASS SORGHUM IN THE ZONE OF THE ARID CHERNOZEM STEPPE OF THE VOLGA REGION

V.S. Eskova, V.V. Gusev, M.M. Khalikova, R.A. Elenberger, N.V. Bakhareva, A.V. Khramov,
K.A. Nababkina

FSBSI FEDERAL CENTER OF AGRICULTURE RESEARCH OF THE SOUTH –
EAST REGION, SARATOV

Abstract: *Sorghum undoubtedly belongs to such agricultural crops that adapt to the stress factors of an unfavorable environment during their cultivation. Adaptive features and productive potential characterize the ecological plasticity and stability of the crop in specific conditions of cultivation. The arid chernozem steppe zone plays an important role in the agro-industrial sector of the Volga region. Sorghum is a drought-resistant and productive agricultural crop that is able to form a stable crop in conditions of often recurring droughts. Of great importance in our time is the ratio of potential productivity and adaptive capacity of fodder crops. Therefore, breeders are faced with the task of breeding not only highly productive, but also environmentally sustainable varieties and hybrids. The article presents the results of research work on the study of the productivity of sorghum crops, their stress resistance, as well as the parameters of adaptability of varieties of sugar and grass sorghum. The studies were carried out at the FSBSO "Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region" (Saratov) in the laboratory of selection and seed production of fodder crops and corn. According to the results of the research, the most promising highly productive lines, hybrids and varieties with decent adaptive properties were identified. Sorghum-Sudan hybrid Listovoy (V=7%; Hom=9; Y2-Y1=-1.7; Sc=10.2) proved to be the most stable and plastic. Of the sweet sorghum varieties, the Rubezh variety distinguished itself (V=12%; Hom=3.8; Y2-Y1=-2.2; Sc=5.6). SSG Listovoy and sweet sorghum variety Rubezh proved to be the most adaptive to the cultivation conditions in this ecological niche. When selecting the most promising genotypes of sorghum fodder crops for their use under production conditions, the agricultural producer must take into account not only the high yield potential, but also the statistical indicators of adaptability.*

Keywords: Grass and sugar sorghum, varieties and hybrids, yield, adaptability parameters.

Введение. Использование адаптивности, оценка стрессоустойчивости, генетической гибкости, гомеостатичности, а также селекционной ценности сортов и гибридов сорговых культур позволяют установить достоверность наблюдаемых различий и получить необходимую информацию для подбора перспективных генотипов при формировании высокопродуктивных агроценозов и их дальнейшего производственного использования [1]. Новые сорта, несомненно, должны обладать определенным продуктивным и адаптивным потенциалом, необходимым для селекции в условиях рискованного земледелия засушливой черноземной степи Поволжья.

Цель исследований – оценка адаптивных свойств сортов, линий и гибридов травянистого и сахарного сорго. Установление степени влияния их на урожайность, используя статистический анализ данных в условиях засушливой черноземной степи Поволжья.

Материал и методы исследований

Исследования были проведены в 2019-2021 гг. в питомниках – селекционном, питомнике отбора, питомнике предварительного размножения перспективных линий и гибридов, конкурсного сортоиспытания на полях кормового и селекционного севооборотов ФАНЦ Юго-Востока. Почвы опытных участков – южные чернозёмы, мало-гумусные и слабо-гумусированные, облегчённого механического состава [2]. Содержание гумуса в почве 2,5-5,6%. Климат отличается резкой континентальностью. Для него характерно жаркое и сухое лето и холодная, малоснежная зима, короткая, засушливая весна и сухое жаркое лето. Средняя температура самого холодного месяца в году (февраль) составляет – 11,4°C, а самого жаркого (июль) – +21,4°C. Продолжительность безморозного периода составляет 161 день, с колебаниями по годам от 119 до 195 дней. По средним многолетним

данным за период с мая по сентябрь здесь выпадает 170 мм осадков, а за год – 391мм. ГТК равен 0,6 – 0,8 [3, 2, 4].

Объекты исследований – Суданская трава Саратовская 1183, сорго-суданковые гибриды (ССГ Хопер, Болдинский, Листовой, Азимут) и сахарное сорго (Саратовское 90, Крепыш, Рубеж, линия 415 – 12, 708-16).

Полевые опыты закладывали в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Б.А. Доспехов, 2014). Посев проводили во второй–третьей декаде мая. Перед посевом проводили две культивации: первая – на глубину 15 см, вторая – на глубину заделки семян [6]. Во время вегетационного периода вели фенологические наблюдения. Учет урожайности биологической массы проводили в периоде начала выметывания метелок у суданской травы и ССГ до молочно – восковой – восковой спелости зерна у растений сахарного сорго. Измеряли количество сухого вещества: проводили пробоотбор, образцы измельчали, выделяли среднюю пробу, высушивали, а затем определяли химический состав образцов в химико-аналитической лаборатории. Математическая и статистическая обработки данных проведены по методике Б.А. Доспехова [6] с использованием компьютерной программы Excel, стрессоустойчивость и генетическую гибкость по уравнениям А.А. Rosiette, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [7], параметры гомеостатичности (H_{om}) – по В.В. Хангильдину [4], коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову [6, 8].

Результаты и их обсуждения

Результаты научных экспериментов по изменению урожайности надземной массы и параметров адаптивности в почвенно-климатических условиях эксперимента представлены в таблице и на рисунках 1 и 2.

Установлено, что урожайность травянистого сорго по годам изменялась в пределах от 10,7 до 17,3 т/га, при среднем значении 12,6 т/га, сахарного – от 4,8 до 10,7 т/га, при среднем значении 7,86 т/га соответственно. Изменчивость урожайности как травянистого так и сахарного сорго по годам высокая. Возможно, это связано с неблагоприятными условиями для роста и развития растений и формирования урожайности. В среднем за годы исследований более высокая урожайность была отмечена у суданской травы Саратовская 1183 (13,1 т/га), у сорго-суданкового гибрида Болдинский (14,3 т/га), у линии 415-12 сахарного сорго – 8,7 т/га и у линии 708-16 – 8,4 т/га соответственно.

В условиях резко континентального климата одним из важных показателей сортов – их стрессоустойчивость, уровень которой устанавливается по разности между минимальной и максимальной урожайностью. Эти значения со знаком минус и чем меньше их величина, тем выше устойчивость сорта к факторам – стресса, тем шире параметры приспособления генотипа к условиям внешней среды [3]. ССГ Листовой и сахарное сорго Рубеж показали самую высокую устойчивость к стрессу – это – 1,7 т/га и – 2,2 т/га соответственно. Самую низкую – ССГ Болдинский (-5,1 т/га) и сахарное сорго Саратовское 90 (-4,4 т/га).

Генетическая гибкость любого генотипа выражается величиной, показывающей наибольший уровень средней урожайности в экстремальных условиях среды [3]. Самое высокое значение этого показателя было отмечено у ССГ Болдинский (14,7 т/га) и у линии сахарного сорго 708-16 (8,6 т/га). Самое низкое у ССГ Листовой и сахарного сорго Крепыш – 11,5 и 6,9 т/га соответственно.

По мнению Хангильдина В.В. (1984) лимитирующим фактором урожайности является не потенциальная продуктивность, а устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды, т.е. гомеостатичность (H_{om}) и именно низкий гомеостаз ведет к снижению биологической продуктивности растений [4].

Таблица

Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость, гомеостатичность и селекционная ценность линий, сортов и гибридов сорго (2019-2021 гг.)

Сорт, гибрид	Сухое вещество, т/га				Показатели			
	2019	2020	2021	сред- нее	стрессо- устойчи- вость, т/га $Y_{\min}-Y_{\max}$	генетическая гибкость т/га $\frac{(Y_{\min}+Y_{\max})}{2}$	гомеоста- тичность (H_{om})	селекци- онная ценность (S_c)
Суданская трава и сорго-суданковые гибриды (ССГ)								
Суд.трава Саратовская 1183	11,1	14,1	14,2	13,1	-3,2	12,6	2,8	10,2
ССГ Хопер	11,8	13,9	11,4	12,3	-2,6	12,7	4,3	10,1
ССГ Болдинский	13,6	17,3	12,2	14,3	-5,1	14,7	1,3	10,1
ССГ Листовой	10,7	12,4	12,3	11,8	-1,7	11,5	9,0	10,2
ССГ Азимут	10,9	13,3	11,0	11,7	-2,4	12,1	4,3	9,6
НСР ₀₅	2,2				-			
Сахарное сорго								
Саратовское 90	6,1	10,5	8,0	8,2	-4,4	8,3	1,0	4,8
Крепыш	4,8	9,1	5,5	6,5	-4,3	6,9	0,8	3,4
Рубеж	6,3	7,7	8,5	7,5	-2,2	7,4	3,8	5,6
415-12	6,2	10,4	9,6	8,7	-4,2	8,3	1,2	5,2
708-16	6,6	10,7	7,9	8,4	-4,1	8,6	1,2	5,2
НСР ₀₅	1,8				-			

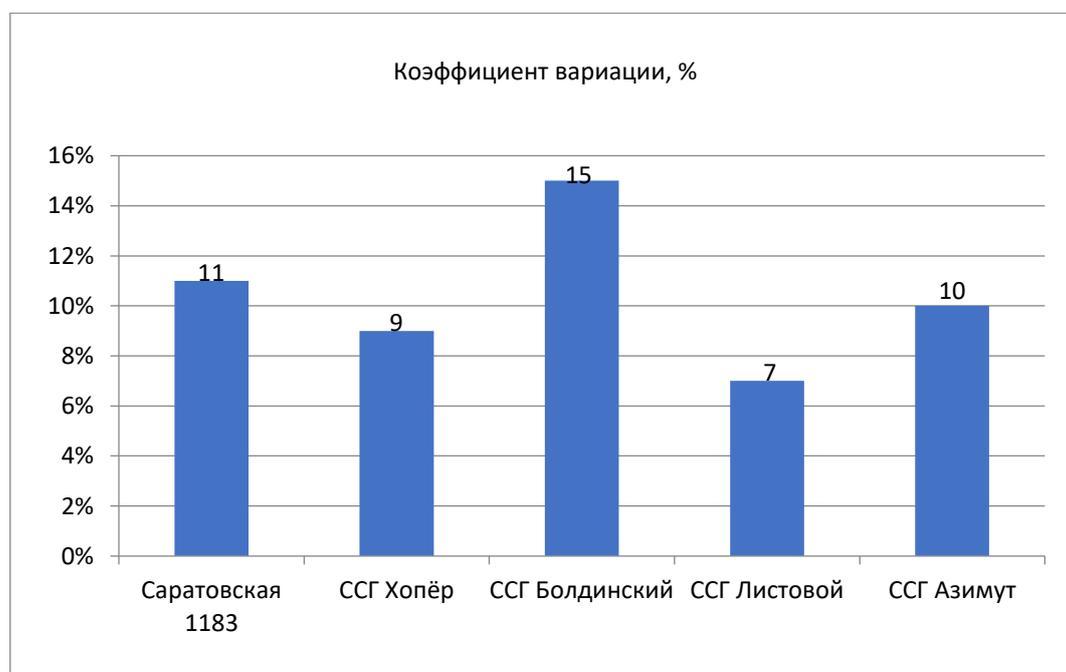


Рис. 1. Коэффициент вариации травянистого сорго, %

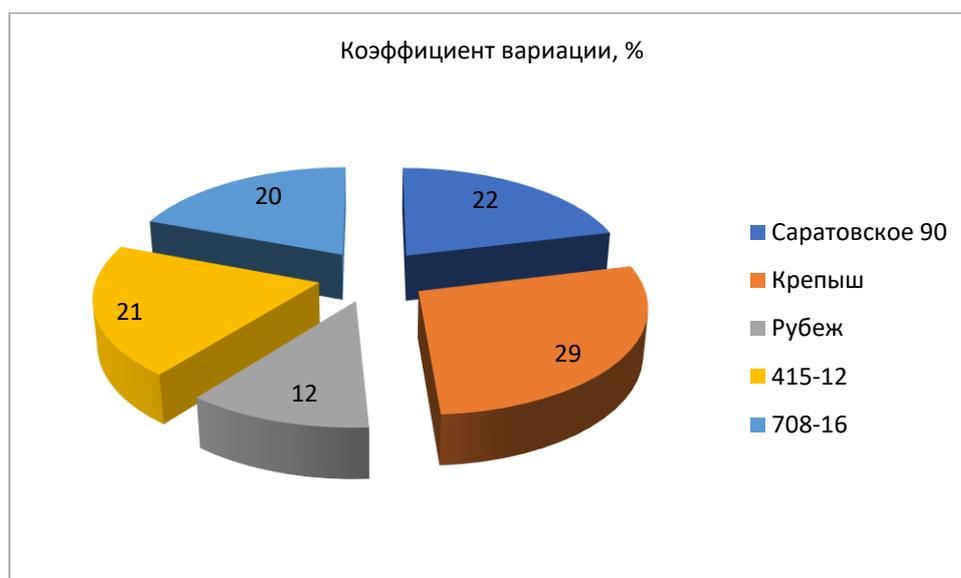


Рис.2. Кoeffициент вариации сахарного сорго, %

Наибольшая величина гомеостатичности наблюдалась у сорго-суданкового гибрида Листовой (9) и у сахарного сорго Рубеж (3,8). Низкую гомеостатичность показали ССГ Болдинский (1,3) и сахарное сорго Крепыш (0,8). Причем этот сорт и гибрид отличались повышенным уровнем потенциальной продуктивности.

Оценка селекционной ценности (S_c) предусматривает трансформацию фактического среднего урожая сорта в условный, с поправкой на гомеостатичность. Максимальная селекционная ценность отмечалась у суданской травы Саратовская 1183, у ССГ Листовой (10,2) и у сахарного сорго Рубеж (5,6). Минимальной – у ССГ Азимут (9,6) и у сахарного сорго Крепыш (3,4) соответственно (таблица).

В наших расчетах коэффициент вариации (V) демонстрировал степень варьирования урожайности по годам и реакции на условия возделывания (рис. 1,2). За период исследований (2019-2021 гг.) наименьшая величина коэффициента, а значит, высокая экологическая стабильность была отмечена у ССГ Листовой (7%) и у сахарного сорго Рубеж (12%).

Устойчивость признака в изменяющихся условиях среды, отражает связь гомеостатичности и коэффициента вариации. В течение исследуемого периода наибольшую стабильность у травянистого сорго проявил ССГ Листовой. Об этом свидетельствуют наименьшее значение коэффициента вариации (7%) и высокая гомеостатичность (9). Из сортов и линий сахарного сорго выделился сорт Рубеж с коэффициентом $V=12\%$ и гомеостатичностью равной 3,8. Наименьшей стабильностью обладал ССГ Болдинский ($V=15\%$; $N_{om}=1,3$) и сорго сахарное Крепыш ($V=29\%$; $N_{om}=0,8$).

Заключение

На основании проведенных исследований были выделены сорта и гибриды сорго, обладающие высокой адаптивностью с позиции экологической пластичности, стабильности, гомеостатичности и селекционной ценности в условиях черноземной степи Поволжья. Наиболее стабильным и пластичным показал себя сорго-суданковый гибрид Листовой, это подтверждают низкий коэффициент вариации (7%), высокая гомеостатичность (9) и стрессоустойчивость (-1,7 т/га). Также максимально высоким был показатель - селекционная ценность и составил 10,2.

Из сортов сахарного сорго отличился сорт Рубеж ($V=12\%$; $N_{om}=3,8$; $Y_2-Y_1=-2,2$; $S_c=5,6$). Этот сорт новый, оригинатор - ФАНЦ Юго-Востока, сорт допущен к использованию с 2020 года.

Таким образом, сорго суданковий гибрид Листовой и сорт сахарного сорго Рубеж показали себя как наиболее адаптивные к условиям возделывания в изучаемой зоне. При

подборе наиболее перспективных генотипов сорговых кормовых культур должны учитываться не только высокий потенциал урожайности, но и различные статистические показатели адаптивности.

Литература

1. Верхоламочкин С.В. Формирование высокопродуктивных посевов сорго кормового в условиях Центрального региона России: дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, – 2022. – 130 с.
2. Гусев В.В., Ларина В.В., Храмов А.В., Никитин Т.Ю. Семеноводство сахарного сорго – особенности технологии возделывания. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2009. – № 3 (16). – С. 84-88.
3. Бахарева Н.В., Гусев В.В., Халикова М.М., Храмов А.В., Ескова В.С., Мустафина Т.Ш., Дустанов И.В. Новые сорта и гибриды травянистого сорго и их хозяйственно-полезные признаки. // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 1. – С. 7-12.
4. Хангильдин В.В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико – селекционных исследованиях // Генетико – цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. – 1984. – № 1. – С. 67-76.
5. Гусев В.В., Халикова М.М., Ескова В.С., Бахарева Н.В., Храмов А.В., Мустафина Т.Ш., Воронцова О.А. Сорговые культуры в кормопроизводстве // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2018. – № 1 (18). – С. 59-62.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, – 2014. – 351 с.
7. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.
8. Верхоламочкин С.В., Бельченко С.А., Васкина Т.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [*sorghumbicolor*(l)moench] в условиях юго-западной части Центральной России. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №3. – С. 27-38.

References

1. Verkholamochkin S.V. Formation of highly productive forage sorghum crops in the conditions of the central region of Russia: dis. ... candidate of Agricultural Sciences. Bryansk, 2022. 130 p.
2. Gusev V.V., Larina V.V., Khramov A.V., Nikitin T.Yu. Seed production of sugar sorghum – features of cultivation technology // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*. 2009. No. 3(16). pp. 84-88.
3. Bakhareva N.V., Gusev V.V., Khalikova M.M., Khramov A.V., Eskova V.S., Mustafina T.S., Dustanov I.V. New varieties and hybrids of herbaceous sorghum and their economically useful signs // *Successes of modern natural science*. 2023. No. 1. pp. 7-12.
4. Hangildin, V.V., Biryukov S. V. The problem of homeostasis in genetic breeding research // *Genetic and cytological aspects in the selection of agricultural plants*. 1984. No. 1. pp. 67-76.
6. Gusev V.V., Khalikova M.M., Eskova V.S., Bakhareva N.V., Khramov A.V., Mustafina T.S., Vorontsova O.A. Sorghum crops in fodder production // *Agrarian Bulletin of the South-East*. 2018. No. 1(18). pp. 59-62.
6. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
7. Goncharenko A.A. On adaptability and ecological sustainability of varieties of grain crops // *Vestnik RASHN*. 2005. No. 6. pp. 49-53.
8. Verkholamochkin S.V., Belchenko S.A., Vaskina T.I. Agroecological testing of varieties and hybrids of forage sorghum [*sorghum bicolor* (l) moench] in the conditions of the south-western part of central Russia // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021. No. 3. pp. 27-38.

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ПАЙЗЫ ПО НАБУХАНИЮ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА

Т.В. РОДИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-6670-417X

E-mail: rodina008@mail.ru

А.Н. АСТАШОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-2744-9428

А.А. САФРОНОВ, ORCID ID: 0000-0002-3471-8331

ФГБНУ РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СОРГО И КУКУРУЗЫ «РОССОРГО», Г. САРАТОВ

В статье рассмотрены особенности набухания семян пайзы в растворах осмотиков (сахароза и нитрат калия) в сравнении с контрольным вариантом (дистиллированная вода). Образцы пайзы, характеризующиеся относительной засухоустойчивостью в условиях искусственно смоделированного стресса, целесообразно использовать в селекции новых сортов с высоким адаптивным потенциалом, приспособленных к возделыванию в засушливых регионах РФ. В среднем за трехлетний период исследований дисперсионным многофакторным анализом установлено значимое влияние генотипа пайзы, условий года получения семян и продолжительности эксперимента на интенсивность набухания семян в гипертонических растворах и дистиллированной воде. Процессы водопоглощения семенами всех изученных образцов характеризовались различной степенью интенсивности: в первые 1-2 часа и последние 24-48 часов эксперимента происходило более интенсивное набухание семян; в промежутке времени 4-6 часов скорость поглощения воды значительно не менялась. К относительно засухоустойчивым отнесены сорта пайзы – Ода, Удаляя, Эврика. Наиболее интенсивное набухание обнаружено у семян у пайзы в лабораторном эксперименте 2023 г. – 140,1%. Кроме того, у большинства изучаемых сортов пайзы как в среднем за годы изучения, так и по годам исследований набухание семян снижалось в гипертоническом растворе нитрата калия, что может свидетельствовать о специфическом воздействии раствора.

Ключевые слова: пайза, набухание, засухоустойчивость, осмотики, сахароза, нитрат калия.

Для цитирования: Родина Т.В., Асташов А.Н., Сафронов А.А. Оценка засухоустойчивости пайзы по набуханию семян в условиях осмотического стресса. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):108-113. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-108-113

ASSESSMENT OF THE DROUGHT RESISTANCE OF PAIZA BY SEED SWELLING UNDER OSMOTIC STRESS

T.V. Rodina, A.A. Astashov, A.A. Safronov

RUSSIAN RESEARCH, DESIGN AND TECHNOLOGY INSTITUTE OF SORGHUM AND CORN FEDERAL STATE GOVERNMENT-FUNDED SCIENTIFIC INSTITUTION, SARATOV, RUSSIA

Abstract: *The article presents the features of the swelling of paiza seeds in solutions of osmotic agents (sucrose and potassium nitrate) in comparison with the control variant (distilled water). Paiza samples, characterized by relative drought resistance under conditions of artificially*

simulated stress, should be used in breeding new varieties with high adaptive potential, adapted to cultivation in arid regions of the Russian Federation. On average, over a three-year period of research, a significant effect of the paisa genotype, the conditions of the year and the duration of the experiment on the intensity of seed swelling in hypertonic solutions and distilled water was established by a multivariate analysis of variance. The processes of water absorption by the seeds of all the studied samples were characterized by varying degrees of intensity: in the first 1-2 hours and the last 24-48 hours of the experiment, the seeds swelled more intensively; in the time interval of 4-6 hours, the rate of water absorption did not change significantly. Paisa varieties - Oda, Udalaya, Evrika - are classified as relatively drought-resistant. The most intense swelling was found in paisa seeds in a laboratory experiment in 2023 – 140.1%. In addition, in most of the studied varieties of paisa, both on average over the years of study and over the years of research, the swelling of seeds decreased in a hypertonic solution of potassium nitrate, which may indicate a specific effect of the solution.

Keywords: paiza, swelling, drought resistance, osmotics, sucrose, potassium nitrate.

Климатические условия Нижнего Поволжья характеризуются нестабильной по годам и периодам вегетации растений суммой осадков и температурой воздуха. Благоприятные годы сменяются засушливыми и острозасушливыми. Засуха, как абиотический фактор, влияет на урожайность всех сельскохозяйственных культур, при этом потери урожая, вызванные недостатком влаги, ежегодно приводят к глобальным экономическим убыткам во всем мире [1]. В литературе отмечается влияние засухи на морфологические, физиологические и биохимические процессы в сельскохозяйственных растениях [1, 2]. Кроме того, урожайность зависит от интенсивности засухи, ее продолжительности и фенологической фазы развития культуры. В связи с этим в селекционной практике изучение устойчивости растений к воздействию различных абиотических стрессоров особенно актуально [3-6].

Пайза считается сравнительно засухоустойчивой кормовой культурой, которая эффективно использует воду благодаря хорошо развитой корневой системе и формирует высокие урожаи высококачественной надземной биомассы и зерна [7]. Разработка устойчивых к различным стрессам (особенно к засухе) сортов пайзы имеет особое значение для сельскохозяйственной науки с последующим внедрением в производство.

Атмосферную и почвенную засуху трудно контролировать и требуется время, чтобы этот тип водного стресса оказал явное воздействие на растения. Как отмечают многие исследователи, моделирование осмотического стресса в лабораторных условиях с помощью гипертонических растворов является эффективным методом выявления образцов для диагностики устойчивости растений, в том числе и пайзы, к абиотическим стрессорам с целью включения в селекционный процесс на повышение засухоустойчивости [8, 9,10].

При этом сведения по данному направлению фрагментарны и не достаточно полно изучены. Включение исходного материала в практическую селекцию на повышение засухоустойчивости кормовых культур является актуальным.

Цель исследований – оценка сортов и образцов семян пайзы по засухоустойчивости на начальных этапах онтогенеза с помощью осмотиков.

Методика исследований

В качестве объектов исследования выделены образцы пайзы (6 сортов и 1 отбор) – Готика, Красава, Удаляя, Пальмира, Эврика, Ода, О-1.

Определение набухания семян пайзы проводили в растворах с повышенным осмотическим давлением, имитирующим недостаток влаги по методике Удовенко Г.В. (1970), согласно которой семена засухоустойчивых сортов в чистой воде поглощали воды меньше, а в растворах осмотиков больше, чем неустойчивые. Осмотиками в нашем опыте служили раствор сахарозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) с осмотическим давлением 19 атмосфер и раствор нитрата калия (KNO_3) – 72 атмосферы. Опыт проводили в трехкратной повторности: подготовленные семена одной репродукции закладывали в предварительно хорошо вымытые

чашки Петри на фильтровальную бумагу (по 100 штук в каждой) и добавляли по 5 мл раствора, далее отправляли в растительный шкаф при оптимальной для прорастания семян температуре 23°C. Схема опыта включила 3 варианта: 1 – контроль (дистиллированная вода), 2 – раствор сахарозы, 3 – раствор нитрата калия. Степень поглощения воды и опытных растворов семенами изучали в динамике и контролировали через промежутки времени: 1 час, 2 часа, 4 часа, 6 часов, 24 и 48 часов. Перед каждым взвешиванием семена извлекали из чашек Петри, просушивали на фильтровальной бумаге, а затем взвешивали на лабораторных электронных весах с высокой точностью (до 0,0001 г). Степень набухания семян (M) определено по изменению массы и выражено в процентах к исходной массе:

$$M = (m_1 - m_2) \times 100 / m_2,$$

где m_1 – масса семян после набухания в определенный момент времени, г; m_2 – масса сухих семян, г.

Годы получения семян использованные в эксперименте: в лабораторном опыте 2021 года использовали семена урожая 2020 г., при проведении опыта в 2022 году семена урожая 2021 г., а в 2023 году – семена полученные в 2022 г. Метеорологические условия за вегетационный период пайзы в годы получения урожая семян были следующие: гидротермический коэффициент в 2020 и 2022 году составил 0,77 и 0,75 соответственно, что характеризует период как засушливый, а 2021 год оценивается значением 0,62, – очень засушливый.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова (2014) дисперсионным трехфакторным анализом (фактор А – сортоопыт, фактор В – условия года, фактор С – время экспозиции) с помощью программы «Agros 2.09».

Результаты исследований

Способность сухих семян поглощать воду из окружающей среды называется набуханием. Оно обусловлено гидротацией, т.е. присоединением воды к гидрофильным соединениям – белкам, нуклеиновым кислотам, клетчатке, пектинам и т.д. Совершенно сухие семена притягивают воду с огромной силой, а по мере насыщения семян водой эта сила снижается.

Лабораторный метод по определению набухания семян пайзы в растворах с повышенным осмотическим давлением, искусственно имитирующим недостаток воды, позволил выделить перспективные образцы для дальнейших исследований и формирования нового генофонда. На рисунке 1 отражены основные результаты проведения эксперимента: так например, наибольшая сосущая сила семян изучаемых сортов пайзы в осмотических растворах по сравнению с контролем зафиксирована в первые часы экспозиции. Стоит отметить, что в среднем по опыту за годы проведения исследований через 24 часа эксперимента сорт пайзы Пальмира в растворе сахарозы и нитрата калия превышал показатели контрольного варианта, а сорта пайзы Ода, Удалая и Красава – только в растворе сахарозы. Однако через 48 часов опыта показатели контроля превысили значения в растворе сахарозы: от 8,2% (Удалая) до 19,8% (Красава).

Процессы водопоглощения семенами всех изученных образцов пайзы характеризовались различной степенью интенсивности: в первые 1-2 часа эксперимента происходило более интенсивное набухание семян; в промежутке времени 4-6 часов у всех сортообразцов отмечен лаг-период, в течение которого скорость поглощения воды значительно не менялась, тогда как в течение следующих 24 и 48 часов наблюдалось повторное увеличение темпов водопоглощения. Стоит отметить, что у сорта пайзы Ода с первого часа экспозиции и до 24 часов проведения опыта в осмотическом растворе сахарозы отмечено набухание семян, превышающее показатели контрольного варианта, однако через 48 часов показатели контроля превысили значения полученные в растворе осмотика на 22,0%.

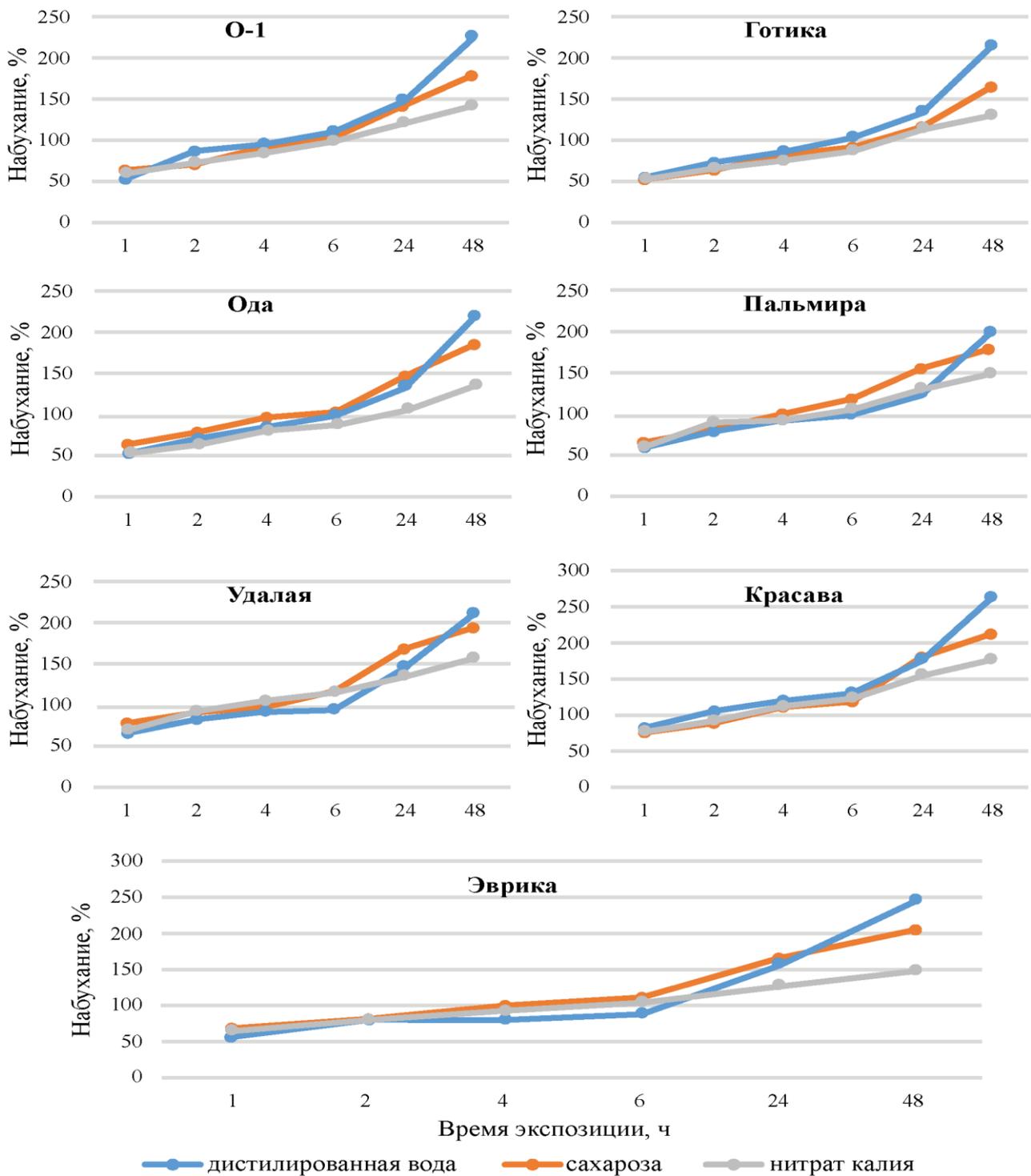
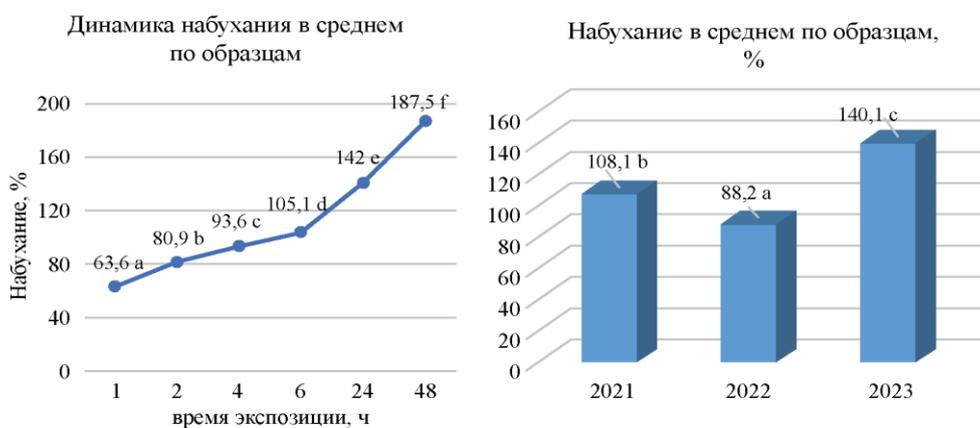
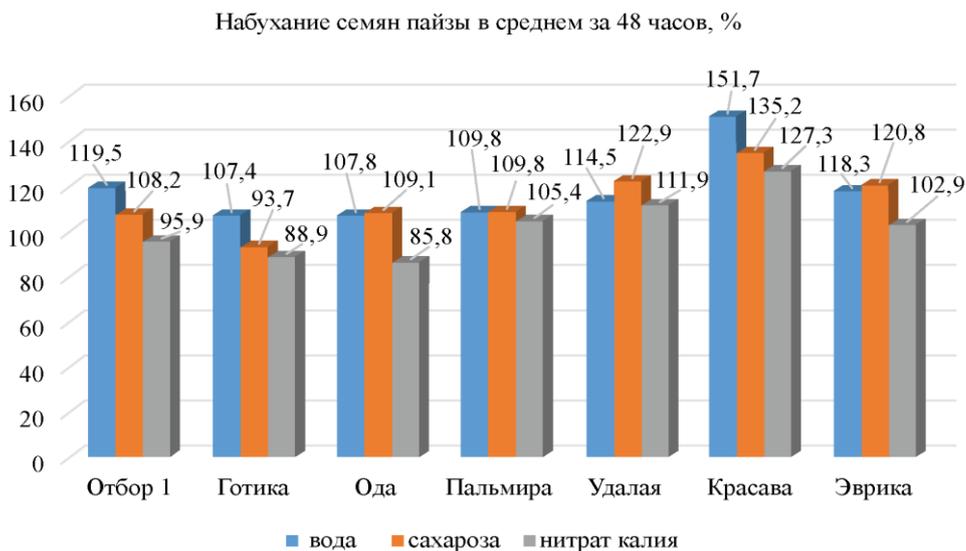


Рис. 1. Динамика набухания семян образцов пайзы (%), среднее 2021-2023 г.

Согласно данным, представленным на рисунке 2 выявлено, что в среднем по опыту сорта пайзы Ода, Пальмира и Удаляя превысили показатели в дистиллированной воде и данные сорта отмечены как засухоустойчивые.



Примечание: Fфакт (A) = 40,79*; Fфакт (B) = 842,94*; Fфакт (C) = 1260,98*; Fфакт (AB) = 8,79*; Fфакт (AC) = 6,27*; Fфакт (BC) = 49,29*; Fфакт (ABC) = 1,69*; HCP05 (A) = 6,63; HCP05 (B) = 2,51; HCP05 (C) = 3,55; HCP05(AB) = 11,48; HCP05 (AC) = 16,24; HCP05 (BC) = 6,14; HCP05 (ABC) = 28,13

Рис. 2. Влияние генотипа, условий года и продолжительности эксперимента на интенсивность набухания семян пайзы в условиях модельной засухи (среднее за 2021-2023 гг.)

Обнаружено, что у всех изучаемых сортов пайзы, как в среднем за годы изучения, так и по годам исследований набухание семян снижалось в гипертоническом растворе нитрата калия, что может свидетельствовать о специфическом воздействии раствора.

Анализ проведенных исследований за 2021-2023 гг. позволил выделить засухоустойчивые сорта пайзы – Ода, Удалая и Эврика, у которых набухание в гипертоническом растворе сахарозы оказалось выше контроля на 1,2, 7,3 и 2,1% соответственно, а показатели в растворе нитрата калия снизились относительно показателей полученных в дистиллированной воде на 20,4; 2,3 и 13,0%. Сорт пайзы Пальмира также отнесен к засухоустойчивым, так как набухание в гипертонических растворах сахарозы и нитрата калия оказалось на уровне показателей контроля. Стоит отметить, что условия года получения семян оказали значимое влияние на интенсивность набухания семян пайзы: семена урожая 2021 г. показали наименьшее набухание в среднем по опыту в 2022 г. – 88,2%, тогда как семена урожая 2022 г. характеризовались более высоким значением показателя в опыте 2023 г. – 140,1%.

Заключение

Опыт по изучению набухания семян пайзы в гипертонических растворах позволил дать косвенную оценку образцов по их засухоустойчивости и выделить перспективные сорта для

дальнейших исследований в создании нового генофонда. Экспериментальным путем выделены наиболее засухоустойчивые сорта пайзы – Ода, Удалая, Пальмира у которых в осмотических растворах набухание семян превысило показатели контрольного варианта.

Литература

1. Ионова Е.В. Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 2. – С. 37-41.
2. Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H.E., Hayes C. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance // Australian Journal of Crop Science. – 2018. – V. 12(01). – P. 135-150.
3. Starch granules of the sugar-pathway were eliminated under the stress of PEG-drought compared with Soil-drought / Maohua Dai et al. // Industrial Crops & Products. 2023. V. 193. 116158. DOI:10.1016/j.indcrop.2022.116158
4. Бычкова О.В., Хлебцова Л.П. Физиологическая оценка засухоустойчивости яровой твердой пшеницы // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 1 (1-2). – С. 107-116.
5. Amelework B., Shimelis H., Tongoona P., Laing M. Physiological mechanisms of drought tolerance in sorghum, genetic basis and breeding methods: a review // African Journal Agricultural Research. – 2015. V.10 (31). – P. 3029-3040.
6. Kibalnik O.P., Sazonova I.A., Bochkareva Yu.V., Bychkova V.V., Semin D.S. Influence of Abiotic Stresses on Morphophysiological Characteristics and Biological Value of Grain Sorghum bicolor (L.) Moench // International Journal of Plant Biology. – 2023. V. 14. – P.150-161. DOI:10.3390/ijpb14010013
7. Асташов А.Н., Родина Т.В., Бочкарева Ю.В., Сафронов А.А., Плаксина В.С. Агробиологическая оценка коллекционных сортообразцов пайзы (*Echinochloa Frumentacea*) в условиях Нижнего Поволжья [Электрон. Ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 6. DOI: <https://doi.org/10.51419/202126638>.
8. Алабушев А.В., Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Газе В.Л. Оценка засухоустойчивости озимой мягкой пшеницы в условиях модельной засухи // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 35-37.
9. Родина Т.В., Тамбовцева Н.Р., Сафронов А.А. Оценка засухоустойчивости образцов пайзы (*Echinochloa frumentacea*) в лабораторных условиях // Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Инновационные направления научных исследований для интенсификации сельскохозяйственного производства». Белгород: КОНСТАНТАпринт. – 2022. – С. 303-309.
10. Самофалова Л.А., Сафронова О.В. Методологические подходы к проращиванию семян сельскохозяйственных культур, тестирование успеха прорастания // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3 (23). – С. 68-74.

References

1. Ionova E.V. Drought and drought resistance of grain ears // *Grain farming of Russia*. 2011; (2):37-41. (In Russ.)
2. Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H.E., Hayes C. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance // *Australian Journal of Crop Science*. 2018. V. 12(01). Pp. 135-150.
3. Starch granules of the sugar-pathway were eliminated under the stress of PEG-drought compared with Soil-drought / Maohua Dai et al. // *Industrial Crops & Products*. 2023. V. 193. 116158. DOI:10.1016/j.indcrop.2022.116158
4. Bychkova O.V., Khlebova L.P. Physiological assessment of drought resistance of spring durum wheat // *Acta Biologica Sibirica*. 2015; 1 (1-2):107-116. (In Russ.)
5. Amelework B., Shimelis H., Tongoona P., Laing M. Physiological mechanisms of drought tolerance in sorghum, genetic basis and breeding methods: a review // *African Journal Agricultural Research*. 2015. V.10 (31). Pp. 3029-3040.
6. Kibalnik O.P., Sazonova I.A., Bochkareva Yu.V., Bychkova V.V., Semin D.S. Influence of Abiotic Stresses on Morphophysiological Characteristics and Biological Value of Grain Sorghum bicolor (L.) Moench // *International Journal of Plant Biology*. 2023. V. 14. Pp.150-161. DOI:10.3390/ijpb14010013
7. Astashov A.N., Rodina T.V., Bochkareva Yu.V., Safronov A.A., Plaksina V.S. Agrobiological assessment of collection varieties of paiza (*Echinochloa Frumentacea*) in the conditions of the Lower Volga region [Electron. Resource] // *AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal*. 2022; 6. DOI: <https://doi.org/10.51419/202126638>. (In Russ.)
8. Alabushev A.V., Ionova E.V., Likhovidova V.A., Gaze V.L. Assessment of drought resistance of winter soft wheat in conditions of model drought. 2019; (7):35-37. (In Russ.)
9. Rodina T.V., Tambovtseva N.R., Safronov A.A. Assessment of drought resistance of paiza (*Echinochloa frumentacea*) samples in laboratory conditions // All-Russian Scientific and practical conference with inter. participation in "Innovative areas of scientific research for the intensification of agricultural production". Belgorod: CONSTANTAprint. 2022:303-309. (In Russ.)
10. Samofalova L.A., Safronova O.V. Methodological approaches to germination of seeds of agricultural crops, testing the success of germination // *Zernobobovye i krupnyye kul'tury*. 2017; 3(23):68-74. (In Russ.)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

И.И. ГУРЕЕВ, доктор технических наук, ORCID ID 0000-0001-5995-3322

E-mail: gureev06@mail.ru

ФГБНУ «КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР», Г. КУРСК

Предложено формировать математические модели процессов в земледелии на основе статистических методов планирования многофакторных экспериментов, аппроксимируя результаты исследований уравнениями регрессии. Показано наличие взаимосвязи между факторами характерное большинству земледельческих задач. Поэтому установлено определять стационарные значения функции параметра оптимизации совместно с дополнительными условиями в виде эмпирических уравнений связи, используя метод неопределённых множителей Лагранжа. Для планирования экспериментов рекомендуется центральный ортогональный композиционный план, который позволяет независимо оценивать коэффициенты уравнений регрессии и их дисперсии, а незначимые коэффициенты исключать из уравнений без пересчёта остальных коэффициентов. Сокращение вычислительных работ и снижение риска случайных ошибок при пользовании методом достигается кодированием факторов показателями, не имеющими размерности. Практическая целесообразность применения метода определена на примере опытных данных по комплексной оптимизации факторов обработки почвы и удобрения в технологии производства озимой пшеницы. Влияние факторов на урожайность зерна культуры, содержание белка в нём и себестоимость производимой продукции изучали в 2016 году в полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район, Курской области) на склоне северной экспозиции в зернотравянопропашном севообороте. Методом неопределённых множителей Лагранжа определили оптимальную дозу удобрения величиной $N_{19}P_{39}K_{39}$ и предпочтение комбинированного способа обработки почвы, которые соответствуют минимальной себестоимости зерна озимой пшеницы 5,38 тыс.руб./т при урожайности 3,38 т/га. Полученное зерно 3-его класса с содержанием белка 12%.

Ключевые слова: земледелие, цифровая оптимизация, математическое моделирование, метод Лагранжа, озимая пшеница, оптимизация ресурсов.

Для цитирования: Гуреев И.И. Моделирование и цифровая оптимизация процессов в земледелии // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023; 3(47):114-121. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-114-121

SIMULATION AND DIGITAL OPTIMIZATION OF PROCESSES IN AGRICULTURE

I.I. Gureev

FSBSI «FEDERAL AGRICULTURAL KURSK RESEARCH CENTER», Kursk

Abstract: *It is proposed to form mathematical models of processes in agriculture on the basis of statistical methods for planning multifactorial experiments, approximating the results of research by regression equations. The presence of the relationship between the factors characteristic of most agricultural tasks is shown. Therefore, it is established to determine the stationary values of the optimization parameter function together with additional conditions in the form of empirical connection equations, using the method of undetermined Lagrange multipliers. For planning experiments, a central orthogonal compositional design is recommended, which allows you to*

independently evaluate the coefficients of the regression equations and their variances, and exclude insignificant coefficients from the equations without recalculating the remaining coefficients. Reducing computational work and reducing the risk of random errors when using the method is achieved by coding factors with indicators that do not have dimensions. The practical expediency of applying the method is determined on the example of experimental data on the integrated optimization of soil tillage and fertilizer factors in the technology of winter wheat production. The influence of factors on the yield of crop grain, the protein content in it and the cost of production were studied in 2016-2020. in the field experiment of the Federal Agricultural Kursk Research Center (Medvensky district, Kursk region) on the slope of the northern exposure in a grain-grass-rowed crop rotation. Using the method of indefinite Lagrange multipliers, we determined the optimal dose of fertilizer N19P39K39 and the preference for the combined method of tillage, which correspond to the minimum cost of winter wheat grain 5.38 thousand rubles/t with a yield of 3.38 t/ha. Received grain of the 3rd class with a protein content of 12%.

Keywords: agriculture, digital optimization, mathematical modeling, Lagrange method, winter wheat, resource optimization.

Введение

Российское сельское хозяйство важнейшая отрасль экономики, где занято почти 6% человеческих ресурсов, производящих 4,5% валового внутреннего продукта страны [1]. Определяющий сектор современного сельского хозяйства – земледелие в настоящее время развивается преимущественно на основе инноваций и цифровых технологий, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и производительности труда, сохранению плодородия почвы и защите окружающей среды [2-6].

Без цифровых технологий невозможна эффективная оптимизация процессов в земледелии, позволяющая повышать рентабельность производственных процессов за счёт рационального использования ресурсов [7]. При этом труд аграриев на выполнении специфических агротехнических приёмов, требующих больших физических усилий, автоматизируется.

Цифровые технологии базируются на математических моделях, которые должны отражать сущность изучаемых процессов и учитывать все факторы, оказывающие значимое влияние на цель исследований. В то же время необходимо стремиться к упрощению модели, не отягощая её второстепенными факторами, так как их учёт осложняет математический анализ и повышает риск случайных ошибок.

Удачные модели создают специалисты в области исследований, имеющие подготовку по высшей математике, теории ошибок, формированию линейных и нелинейных уравнений, математическому программированию и др. [8-9]. Исследователь к тому же должен владеть основами теории вероятностей, позволяющими оперировать статистическими данными. Особые требования к этой области математической подготовки объясняются спецификой процессов, происходящих в земледелии, где большинство агротехнических приёмов проводится в условиях ограниченной определённости с исходом от случайных факторов. При построении моделей используют математический аппарат различной направленности и сложности. Структура моделей должна позволять формализовать с требуемой надёжностью закономерности взаимодействия элементов агротехнологий [10].

Распространены и убедительны физические модели. Они могут быть представлены в виде простых алгебраических уравнений, сложные же явления в динамике описываются дифференциальными уравнениями. Отражая физическую сущность процессов и основные закономерности, физические модели требуют минимальный экспериментальный материал и более приспособлены для математической оптимизации. Условия применения физических моделей почти всегда не ограничены. Но, как правило, они базируются на каких-то допущениях и учитывают меньшее число факторов.

Для решения земледельческих задач с наличием большого числа переплетающихся переменных случайных факторов (погода, свойства почвы и др.) предпочтительно моделирование на основе статистического планирования экспериментов. Статистические модели более точны, так как не требуют грубых допущений и способны учитывать большое число факторов. Наиболее эффективны они при наличии обширных опытных данных, полученных в границах применения результатов эксперимента.

Метод статистического моделирования отличается повышенными возможностями адекватного представления получаемых данных, в том числе использованием более точных нелинейных моделей. Данный метод вносит следующие положительные последствия, повышая эффективность традиционных экспериментальных методик:

- обработка результатов эксперимента формализована, результаты поддаются аппроксимации, что упрощает и расширяет анализ и сравнение различных данных;
- результаты эксперимента представляют в виде линейных и нелинейных математических зависимостей между воздействующими факторами и изучаемыми параметрами оптимизации с использованием компьютерной техники;
- одинаковая точность достигается сокращением в 3-10 раз количества необходимых опытов;
- можно одновременно рассмотреть связь между большим числом факторов, оценить долю влияния каждого из них и отсеять второстепенные;
- результаты эксперимента можно представить графически в двух- трёхмерных факторных пространствах;
- область оптимума определяют математическими методами.

Построение оптимизационных статистических моделей начинается, прежде всего, с формулировки параметров оптимизации – критериев, по которым оценивается эффективность. Содержание параметров оптимизации определяется решаемыми исследовательскими задачами. Разные решения сравниваются между собой по показателю эффективности, отражающему целевую направленность исследований. Лучшее решение в максимальной степени способствует достижению поставленной цели и является оптимальным.

Приоритетные для земледелия параметры оптимизации агротехнологические (урожайность и качество выращиваемой продукции) и экономические (величина прибыли, себестоимость, рентабельность и др.). По словам Д.И. Менделеева «наука начинается там, где свойство может быть выражено числом». Поэтому оптимальное решение предполагает его количественную оценку.

Следует учитывать, что неудачный выбор показателя эффективности приводит к неоправданным затратам. Например, производство какой-то сельскохозяйственной культуры без учёта конъюнктуры рынка может оказаться убыточным.

В земледелии редко встречаются задачи, где единственный критерий оценки однозначно диктуется целевой направленностью. Так, наряду с урожайностью необходимо учитывать и качество производимой земледельческой продукции. Постановка же задачи максимизации урожайности и качества продукции в научном плане нереальна. Поэтому применяют подходы линейного программирования, выделяя главный параметр оптимизации и обращая его в максимум (минимум). Все остальные параметры ограничивают в пределах заданных значений, формализуя их линейными взаимосвязями параметров оптимизации с факторами. Но сложные процессы в земледелии не всегда с достаточной точностью аппроксимируются линейными взаимосвязями.

Целью настоящих исследований является повышение достоверности опытных данных в земледелии путём совершенствования методики моделирования и цифровой оптимизации процессов с использованием статистических методов планирования многофакторных экспериментов.

Материалы и методы исследований

Традиционно при решении исследовательских задач в земледелии, прежде всего, строят эмпирическую модель основного параметра оптимизации Y в зависимости от факторов X_n , принимающих в некоторый момент определённые дискретные значения:

$$Y = Y(X_1, X_2, \dots X_n);$$

где n – количество факторов.

По модели, используя математический аппарат, проводят оптимизационные действия относительно функции Y . Остальные параметры оптимизации используют в виде ограничений. Условием для определения экстремальных значений функции Y является равенство нулю её первой производной по каждому из изучаемых факторов:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = 0; \frac{\partial Y}{\partial X_2} = 0; \dots \frac{\partial Y}{\partial X_n} = 0.$$

Решением полученной системы уравнений получают n оптимальных значений изучаемых факторов, которые являются стационарными точками функции Y .

Однако во многих сельскохозяйственных задачах между факторами X_n существует взаимосвязь. Например, эффективное производство озимой пшеницы характеризуется не только высокой урожайностью зерна. Очень важно, чтобы производимое зерно обладало определёнными показателями качества, из которых основным является содержание белка. В данном случае оптимизационная задача ориентируется на определение значений факторов, соответствующих получению максимальной урожайности зерна обозначенного качества. Поэтому оптимизацию следует проводить с учётом уравнения связи φ факторов X_n с показателями качества зерна, в данном случае с содержанием белка в зерне:

$$\varphi = \varphi(X_1, X_2, \dots X_n) = 0.$$

Оптимизационные задачи такого типа успешно решаются применением метода неопределённых множителей Лагранжа, согласно которому условие стационарности функции Y имеет вид:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial X_1} = 0; \frac{\partial Y}{\partial X_2} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial X_2} = 0; \dots \frac{\partial Y}{\partial X_n} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial X_n} = 0; \quad (1)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Количество уравнений (1) должно соответствовать количеству исследуемых факторов n .

Результаты и их обсуждение

Практическая целесообразность применения метода неопределённых множителей Лагранжа наглядно определена на примере комплексной оптимизации факторов обработки почвы и удобрения в технологии производства озимой пшеницы по экспериментальным данным, полученным в 2016 г. в стационарном многофакторном полевом опыте Курского ФАНЦ. Опытный участок расположен на склоне северной экспозиции в зернотравянопаропропашном севообороте, развёрнутом во времени. Почва – чернозём типичный тяжелосуглинистый слабосмытый с содержанием гумуса 5,1%. Солевая вытяжка $pH_{КС1}=5,7$. Содержание щёлочногидролизуемого азота – 18, подвижного фосфора – 9,3 и обменного калия – 8,8 мг на 100 г почвы.

Метеорологические условия в период выполнения исследований были достаточно благоприятными для производства озимой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия исследований

Сведения 2015 года		Осадки холодного периода (устойчивый переход среднесуточной температуры ниже 5°C), мм	Сведения за период вегетации озимой пшеницы в 2016 году					
август-сентябрь			апрель-май		июнь-июль		апрель-июль	
Осадки, мм	ГТК		Осадки, мм	ГТК	Осадки, мм	ГТК	Осадки, мм	ГТК
90	0,8	203	104	1,4	95	0,8	199	1,1

Изучали влияние факторов на урожайность зерна культуры, содержание белка в нём и себестоимость производимой продукции. Принцип углубленной адаптации технологии состоит в минимизации интенсивности обработки почвы в допустимых пределах, что позволяет экономно расходовать ресурсы и оказывать щадящее воздействие на окружающую среду [11]. Другим наиболее значимым ресурсным элементом технологии является удобрение, без которого немислима интенсификация производства культуры. Удобрение является мощным рычагом управления продуктивностью растений при одновременном снижении потерь питательных веществ почвой [12].

Уровни качественного фактора способов основной обработки почвы: отвальный на глубину 20-22 см, комбинированный (отвальная обработка на глубину 20-22 см + дискование на глубину 8-10 см), безотвальный на глубину 20-22 см. Количественный фактор доза удобрения варьировал на уровнях – без удобрений, $N_{20}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{80}$.

Сократить объём вычислительных работ и снизить риск случайных ошибок позволяет кодирование натуральных значений факторов (табл. 2).

Таблица 2

Уровни варьируемых факторов

Фактор	Обозначение	Кодовые		
		-1	0	1
		Натуральные		
Доза удобрения	X_1	0	$N_{20}P_{40}K_{40}$	$N_{40}P_{80}K_{80}$
Способ обработки почвы	X_2	Отвальный	Комбинированный	Безотвальный

Для планирования эксперимента выбрали центральный ортогональный композиционный план, особенностью которого является независимость математических ожиданий и дисперсий коэффициентов уравнений регрессии, а также возможность исключать из уравнений незначимые коэффициенты регрессии без пересчёта остальных коэффициентов. Матрицу планирования эксперимента реализовали для урожайности зерна культуры, содержания белка в нём и себестоимости производимой продукции (табл. 3).

Результаты эксперимента, 2016 г.

№ опыта	Уровни варьирования факторов		Урожайность зерна озимой пшеницы, т/га				Содержание белка в зерне, %				Себестоимость зерна, тыс. руб./т			
	X ₁	X ₂	повторения			среднее	повторения			среднее	повторения			среднее
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	1	1	3,43	4,34	4,35	4,04	11,7	11,3	14,9	12,6	6,54	5,22	5,20	5,65
2	1	-1	3,7	4,17	4,62	4,16	12,4	11,7	14,9	13,0	6,57	5,70	5,35	5,87
3	-1	1	1,83	2,55	2,22	2,20	10,3	10,5	14,5	11,8	7,28	5,25	6,22	6,25
4	-1	-1	2,59	2,9	2,47	2,65	11,4	10,7	11,8	11,3	5,87	5,38	6,12	5,79
5	1	0	3,12	4,40	4,40	3,97	11,0	11,7	15,0	12,6	7,04	5,05	5,05	5,71
6	-1	0	1,95	2,52	2,27	2,25	10,6	10,6	11,0	10,7	6,95	5,34	5,90	6,06
7	0	1	3,06	3,06	3,97	3,36	10,8	10,6	14,8	12,1	5,90	5,90	4,62	5,47
8	0	-1	3,17	4,18	3,58	3,64	11,8	11,3	14,5	12,5	6,28	4,72	5,45	5,48
9	0	0	2,89	3,54	3,92	3,45	10,8	11,1	14,9	12,3	6,30	5,12	4,50	5,31

По данным табл. 3 получили адекватные второй степени уравнения регрессии, которые более точно описывают процесс в сравнении с линейными уравнениями:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{п}} &= 3,41 + 0,85X_1 - 0,14X_2 + 0,08X_1X_2 - 0,27X_1^2 + 0,12X_2^2, \frac{\text{т}}{\text{га}}; \\
 C &= 5,38 - 0,14X_1 - 0,17X_1X_2 + 0,47X_1^2, \frac{\text{тыс. руб.}}{\text{т}}; \\
 B &= 12,0 + 0,73X_1 - 0,06X_2 + 0,21X_1X_2, \%
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где $Y_{\text{п}}$ – урожайность зерна озимой пшеницы, т/га;

C – себестоимость производства зерна, тыс. руб./т;

B – содержание белка в зерне, %. Согласно ГОСТ 9353-2016, у пшеницы 3-его класса массовая доля белка в пересчёте на сухое вещество должна быть не менее $B=12\%$.

Оценили: статистическую значимость коэффициентов уравнений регрессии по t -критерию Стьюдента, воспроизводимость эксперимента по критерию Кохрена, адекватность описания исследуемого процесса полиномом второй степени по F -критерию Фишера.

Для оптимизации процесса в соответствии с целью исследований использовали систему уравнений (1) дополненным уравнением связи факторов:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial C}{\partial X_1} + \lambda \frac{\partial B}{\partial X_1} &= 0; \\
 \frac{\partial C}{\partial X_2} + \lambda \frac{\partial B}{\partial X_2} &= 0; \\
 \varphi = B - 12,0 - 0,73X_1 + 0,06X_2 - 0,21X_1X_2 &= 0, \%.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Уравнения (2) преобразовали согласно модели (3), откуда:

$$\begin{aligned}
 -0,14 + 0,94X_1 - 0,17X_2 + \lambda(0,73 - 0,21X_2) &= 0; \\
 -0,17X_1 + \lambda(-0,06 - 0,21X_1) &= 0; \\
 \varphi = B - 12,0 - 0,73X_1 + 0,06X_2 - 0,21X_1X_2 &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Решение системы уравнений (4) имеет вид: $X_1 = -0,034$; $X_2 = -0,474$; $\lambda = 0,11$. Обратным переводом кодовых значений факторов в натуральные определили оптимальную дозу $N_{19}P_{39}K_{39}$ и установили предпочтение комбинированного способа обработки почвы. Оптимальные значения факторов подставили в уравнения (2) и получили минимальное значение себестоимости 5,38 тыс.руб./т при урожайности 3,38 т/га и содержании белка в зерне 3-его класса 12%.

Заключение

Оптимизировать процессы в земледелии позволяют цифровые технологии. Стационарные значения функции параметра оптимизации процессов целесообразно определять совместно с дополнительными условиями в виде уравнения связи, используя метод неопределённых множителей Лагранжа. Результаты комплексной цифровой оптимизации наглядно отображены на примере технологии производства озимой пшеницы.

Работа выполнена по теме Государственного задания № FGZU-2022-0005.

Литература

1. Akmarov P.B., Knyazeva O.P., Tretyakova E.S. Assessing the potential of the digital economy in agriculture // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020. IOP Publishing Ltd, 2021. С. 042036. EDN: OZLJEC.
2. Степанов М.В. К вопросу о развитии цифровой экономики и цифрового сельского хозяйства // В сборнике: Современная экономика: актуальные проблемы, задачи и траектории развития. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курск, 2020. С. 216-223. EDN: XXCOPQ.

3. Teucher M., Conrad C., Thürkow D., Alb P. Digital in situ data collection in earth observation, monitoring and agriculture-progress towards digital agriculture // *Remote Sensing*. 2022. T. 14. No 2. DOI: 10.3390/rs14020393.
4. Osipov V.S., Vorozheykina T.M., Bogoviz A.V., et al. Innovation in agriculture at the junction of technological waves: moving from digital to smart agriculture // *Smart Innovation in Agriculture*. Part of the Smart Innovation, Systems and Technologies book series. Singapore, 2022. C. 21-27. DOI: 10.1007/978-981-16-7633-8_3.
5. Kushnir I., Samodelov A. The digital transformation of agriculture in the context of the digital inequality // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Ser. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 - Papers" 2021. C. 032068. DOI: 10.1088/1755-1315/937/3/032068.
6. Frolova O.A., Yukhlina J.A., Voronov Y.V., et al. Overview of digital solutions for agriculture // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. T. 186. C. 238-250. DOI: 10.1007/978-3-030-66093-2_23.
7. Nehrey M., Zomchak L. Digital technology: emerging issue for agriculture // *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2022. T. 135. C. 146-156. DOI: 10.1007/978-3-031-04809-8_13.
8. Romanyuk M.A., Sukharnikova M.A., Chekmareva N.V., et al. Strategic priorities for developing digital economy in russian agriculture // *Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises*. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance. Ser. "Innovation, Technology, and Knowledge Management" Cham, 2023. C. 69-78. EDN: QBLLKR.
9. Golubev A.V., Smoleninova N.A., Babkina V.S. The perception of digital technologies by agrarians as a condition for innovative development of the agriculture // *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration*. Volume 2. Ser. "Lecture Notes in Networks and Systems, 280" Luxembourg, 2021. C. 30-38. DOI: 10.1007/978-3-030-80485-5_5.
10. Щитов С.Е. Эколого-экономическое моделирование в агромелиоративном земледелии в целях адаптации сельского хозяйства к транзитивным кризисам // *Экономика и экология территориальных образований*. 2021. Т. 5. No 1. C. 42-47. DOI: 10.23947/2413-1474-2021-5-1-42-47.
11. De Cárcer P.S., Sinaj S., Fossati D., et al. Long-term effects of crop succession, soil tillage and climate on wheat yield and soil properties // *Soil & Tillage Research*. 2019. V. 190. Pp. 209–219.
12. Cook R.L., Trlica A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in southern Illinois // *Agronomy Journal*. 2016. V. 108. No 1. Pp. 415-426.

References

1. Akmarov P.B., Knyazeva O.P., Tretyakova E.S. Assessing the potential of the digital economy in agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science. ISTCEarthScience 2020. IOP Publishing Ltd. 2021. P. 042036. EDN: OZLJEC. (In Russian).
2. Stepanov M.V. К вопросу о развитии цифровой экономики и цифрового сельского хозяйства. В сборнике: *Современная экономика: актуальные проблемы, задачи и траектории развития*. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курск. 2020. P. 216-223. EDN: XXCOPQ.
3. Teucher M., Conrad C., Thürkow D., Alb P. Digital in situ data collection in earth observation, monitoring and agriculture-progress towards digital agriculture. *Remote Sensing*. 2022. T. 14. No 2. DOI: 10.3390/rs14020393.
4. Osipov V.S., Vorozheykina T.M., Bogoviz A.V., et al. Innovation in agriculture at the junction of technological waves: moving from digital to smart agriculture. *Smart Innovation in Agriculture*. Part of the Smart Innovation, Systems and Technologies book series. Singapore. 2022. P. 21-27. DOI: 10.1007/978-981-16-7633-8_3.
5. Kushnir I., Samodelov A. The digital transformation of agriculture in the context of the digital inequality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Ser. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East. AFE 2021 - Papers" 2021. P. 032068. DOI: 10.1088/1755-1315/937/3/032068.
6. Frolova O.A., Yukhlina J.A., Voronov Y.V., et al. Overview of digital solutions for agriculture. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. T. 186. P. 238-250. DOI: 10.1007/978-3-030-66093-2_237.
7. Nehrey M., Zomchak L. Digital technology: emerging issue for agriculture. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2022. T. 135. P. 146-156. DOI: 10.1007/978-3-031-04809-8_13.
8. Romanyuk M.A., Sukharnikova M.A., Chekmareva N.V., et al. Strategic priorities for developing digital economy in russian agriculture. *Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises*. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance. Ser. "Innovation, Technology, and Knowledge Management" Cham. 2023. P. 69-78. EDN: QBLLKR.
9. Golubev A.V., Smoleninova N.A., Babkina V.S. The perception of digital technologies by agrarians as a condition for innovative development of the agriculture. *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration*. Volume 2. Ser. "Lecture Notes in Networks and Systems, 280" Luxembourg. 2021. P. 30-38. DOI: 10.1007/978-3-030-80485-5_5.
10. Shchitov S.E. Эколого-экономическое моделирование в агромелиоративном земледелии в условиях адаптации сельского хозяйства к транзитивным кризисам. *Экономика и экология территориальных образований*. 2021. Т. 5. No 1. P. 42-47. DOI: 10.23947/2413-1474-2021-5-1-42-47. (In Russian).
11. De Cárcer P.S., Sinaj S., Fossati D., et al. Long-term effects of crop succession, soil tillage and climate on wheat yield and soil properties // *Soil & Tillage Research*. 2019. V. 190. Pp. 209–219.
12. Cook R.L., Trlica A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in southern Illinois // *Agronomy Journal*. 2016. V. 108. No 1. Pp. 415-426.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КООРДИНАТНОГО (ТОЧНОГО) ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ЦТЗ

А.И. БЕЛЕНКОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-0422-4936
E-mail: belenokaleksis@mail.ru

ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА, Г. МОСКВА

В статье приводится информация по внедрению и освоению технологии точного земледелия и сравнительной эффективности приемов обработки почвы под каждую культуру зернопропашного севооборота в полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ). На основании проведенных многолетних исследований установлено, что технология точного земледелия, основанная на применении современного навигационного оборудования для обеспечения работы сельскохозяйственных агрегатов превосходит традиционную технологию возделывания сельскохозяйственных культур в отношении качества проводимых мероприятий, экономии материальных и денежных средств на-15-20%, за счет локального и адресного применения минеральных удобрений и средств защиты растений, незначительного превышения урожайности, порядка 5-8%. Сравнение отвальной и минимальных обработок в разные годы проявило себя различным образом. В среднем, за период исследований, различия в урожайности по культурам составили от 5-10 до 15-20%.

Ключевые слова: точное земледелие, навигационное оборудование, система GPS, стыковые междурядья, автопилот, дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений, обработка почвы, отвальная, минимальная, нулевая (прямой посев).

Для цитирования: Беленков А.И. Использование цифровых технологий координатного (точного) земледелия в полевом опыте ЦТЗ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):122-131. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-122-131

THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR COORDINATE (PRECISION) FARMING IN THE FIELD EXPERIMENT OF THE CENTER FOR PRECISION AGRICULTURE (CPA)

Belenkov A.I.

RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL
ACADEMY, RUSSIAN FEDERATION, MOSCOW

Abstract: *The article provides information on introduction and mastering of precision farming technology and comparative efficiency of tillage practices for each crop of grain-plowing crop rotation in the field experiment of the Center for Precision Agriculture (CPA). On the basis of many years of research it has been established that the technology of precision farming, based on the use of modern navigation equipment to ensure the operation of agricultural units is superior to the traditional technology of cultivation of crops in terms of the quality of activities, saving material and monetary resources by 15-20%, due to local and targeted application of mineral fertilizers and plant protection agents, a slight increase in yields, about 5-8%. The comparison of moldboard and minimum tillage has shown itself in different ways in different years. On average, over the study period, yield differences across crops ranged from 5-10 to 15-20%.*

Keywords: precision farming, navigation equipment, GPS system, intercropping, autopilot, differentiated fertilizer and plant protection agents application, tillage, moldboard, minimum tillage, zero tillage (direct seeding).

Введение

В прошлом году исполнилось 15 лет со дня закладки и начала научных исследований в полевом опыте Центра точного земледелия, входящего в состав Полевой опытной станции Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. В 2007 году в рамках инновационного общеобразовательного проекта в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, впервые в стране, был создан Центр точного земледелия (ЦТЗ), в задачу которого входило – разработка и освоение технологии точного земледелия в полевом опыте. Основу Центра составляет полевой опыт по изучению эффективности технологии точного земледелия в сравнении с традиционной [1].

Материал и методы исследований

Цель полевого опыта – дать сравнительную оценку общепринятой традиционной технологии возделывания полевых культур и технологии точного земледелия, основанной на использовании новой современной сельскохозяйственной техники и сопутствующего спутникового программного обеспечения международной системы GPS, позволяющих экономно и адресно проводить агротехнические приемы: посев, внесение удобрений, исходя из пестроты почвенного плодородия, применение химических средств защиты растений, поделяночную уборку урожая с составлением электронных карт [2, 3].

В рамках четырехпольного зернопропашного севооборота викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень сравнивается эффективность двух технологий (традиционной и точной), а также вариантов отвальной, минимальной и нулевой обработки почвы. Первый вариант включал обработку оборотным плугом Eur Oral на 20-22 см под все культуры, второй – обработку культиватором Pegasus на 12-14 см под картофель и ячмень. Вариант «нулевой» обработки предусматривался под озимую пшеницу и вику с овсом на корм [4].

Результаты и их обсуждение

К числу определяющих элементов технологии точного земледелия относится посев (посадка) сельскохозяйственных культур с использованием навигационного оборудования, т.е., автопилота [5, 6].

Результаты четырехлетнего испытания различных сеялок, используемых в опыте, и способов посева сельскохозяйственных культур приведены в таблице 1.

В наших исследованиях посев зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) проводился, в одном случае, по автопилоту, в другом, по маркеру. При этом посев озимой пшеницы и ячменя на отвальном фоне осуществлялся сеялкой точного высева Д-9-30 с применением системы GPS и маркера. По варианту нулевой (без обработки) почвы проводился посев пневматической сеялкой прямого посева ДМС-3 только с использованием автопилота. Маркер при работе этой сеялки использовать не удастся в силу конструктивных и технических недоработок. Посев викоовсяной смеси сеялкой Д-9-30 на вспашке, ДМС-3 на нулевом фоне осуществляли с применением автопилота, марке в обоих случаях не применяли. В отдельные годы исследований наблюдается неодинаковая ширина стыковых междурядий между смежными (встречными) проходами сеялок при посеве зерновых культур по маркеру и автопилоту.

Таблица 1

Ширина стыковых междурядий и величина отклонений от стандартной величины междурядий сеялки

Культура	Сеялка Д-9-30* (отвальный фон)				ДМС* (минимальный)	
	По маркеру		Автопилот		Автопилот	
	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см
2009 год						
Ячмень	14,0	+2,0	12,3	+0,3	-	-
Вика+овес	-	-	10,7	-1,3	18,1	-0,7
Оз. пшеница	16,3	+4,3	14,3	+2,3	17,3	-1,5
2010 год						
Ячмень	15,2	+3,2	13,2	+1,2	-	-
Вика+овес	-	-	13,7	+1,7	19,1	+0,3
Оз. пшеница	17,0	+5,0	13,5	+1,5	20,2	+1,4
2011 год						
Ячмень	16,1	+4,1	14,6	+2,6	-	-
Вика+овес	-	-	12,6	+0,6	20,0	+1,2
Оз. пшеница	17,0	+5,0	13,5	+1,5	20,2	+1,4
Среднее						
Ячмень	15,2	+3,2	13,4	+1,4	-	-
Вика+овес	-	-	12,3	+0,3	19,0	+0,2
Оз. пшеница	16,7	+4,7	13,8	+1,8	19,2	+0,4

Примечание: * – ширина междурядий сеялок Д-9-30 – 12 см, ДМС – 18,8 см; викоовсяная смесь высевалась только с использованием автопилота по обоим вариантам обработки почвы.

В среднем за период исследований при посеве ячменя и озимой пшеницы отклонения величины стыковых междурядий при посеве по маркеру соответственно составляли 3,2 и 4,7 см, тогда как при использовании автопилота в системе GPS их значения составили 1,4 и 1,8 см. При посеве зерновых культур, использование навигационного оборудования точного позиционирования обеспечивало размер стыковых междурядий менее агротехнически предусмотренной для данной операции величины, которая составляет $\pm 2,5$ см. Еще более снижалась величина стыкового междурядья при посеве по автопилоту вики с овсом, она равнялась +0,3 см. Посев викоовсяной смеси и озимой пшеницы на делянках точного земледелия по нулевой обработке с применением средств навигации также давал положительный результат. При таком же агротребовании к величине стыковых междурядий, на кормовой культуре отклонения составили +0,2 см, на зерновой - +0,4 см, что на много меньше допустимых $\pm 2,5$ см.

Таким образом, в нашем опыте, испытание автопилота в системе оказывало положительное влияние на качество и конструкцию посевов зерновых культур и викоовсяной смеси на корм.

На рисунке 1 показан внешний вид посевов ячменя при разных способах посева, на рисунке 2 – посевы ячменя, проведенные ночью.



Рис. 1. Вид поля ячменя, посеянного по маркеру (слева) и по автопилоту (справа)



Рис. 2 Посевы ячменя, выполненные в темное время суток

Посадка картофеля осуществляется картофелесажалкой GL-34T со стандартным междурядьем 75 см по автопилоту и маркеру (табл. 2).

Таблица 2

Ширина смежных междурядий и расположение растений картофеля на гребне при различных технологиях возделывания

Год	Ширина междурядий при посадке, см		Расположение растений на гребне, см	
	маркер	автопилот	маркер	автопилот
2008	от 62-до 85	75 ± 3,5	от центра ± 10-13	от центра ± 3,5
2009	от 65-до 81	75 ± 2,8	от центра ± 6-10	от центра ± 2,8
2010	от 60-до 80	75 ± 3,3	от центра ± 5-15	от центра ± 3.3
2011	от 70 до 90	75 ± 1,5	от центра ± 5-15	от центра ± 1.5
Среднее	от 64 до 84	75 ± 2,8	от центра ± 7-13	от центра ± 2,8

Заданная траектория движения агрегата, с использованием системы GPS, повторяется на варианте точного земледелия в ходе проведения гребнеобразования по всходам картофеля. По традиционной технологии возделывания картофеля этот прием проводится при визуальном контроле, т.е. движением агрегата управляет механизатор. Ширина междурядий между проходами картофелесажалки при использовании маркера и автопилота различалась по отдельным годам незначительно, составляя по традиционной технологии интервал в среднем от 60-65 до 80-85 см, т.е. отклонение от стандартного междурядья сажалки (75 см) в пределах от -10 до +15 см. Применение системы GPS при выполнении технологии точного земледелия обеспечивало отклонение в прямолинейности смежных рядков от 1,5 до 3,5 см.

Важным условием развития полноценного растения картофеля является его расположение по отношению к центральной части гребня. Проведение гребнеобразования в посадках картофеля, которые возделывались по традиционной технологии, обеспечивало формирование растений картофеля с отклонениями от центра от 5 до 15 см. Это обуславливало односторонние изменения нарастания вегетативной части, неравномерность в образовании и развитии подземных клубней. При выполнении технологии точного земледелия растения картофеля располагались практически по центру рядка с допустимым отклонением порядка 1,5-3,5 см [7] (рис. 3).



Рис. 3. Посадка картофеля и гребнеобразование по автопилоту

Второй компонент системы точного земледелия – внесение удобрений и средств химической защиты растений (гербицидов) в зависимости от состояния культурных растений, наличия и обилия сорняков на отдельных участках поля с применением специальных сканеров и сенсоров, корректирующих количество вносимых удобрений и препаратов [8]. В наших опытах для выполнения указанных операций использовали сенсорные датчики Green Seeker (Германия) и N-sensor ALS (США) (рис 4, 5).



Рис. 4. Сенсорный датчик GreenSeeker



Рис. 5. Сенсорный датчик N-sensor ALS

Неоднородность почвенных свойств оказывает существенное влияние на развитие посевов озимой пшеницы. Это может проявляться в недружном появлении всходов, неравномерной перезимовке и, следовательно, формировании неоднородного посева. Именно в этом случае наиболее эффективно применять такой элемент точного земледелия, как дифференцированное внесение азотных подкормок.

В полевом опыте Центра точного земледелия проведение корневых подкормок аммиачной селитрой проводится дважды за вегетационный сезон: после схода снега (при возобновлении вегетации ранней весной) и в фазу колошения. Первая подкормка обеспечивает нормальное развитие посевов, т.е. формирование продуктивной биомассы, вторая подкормка предназначена для налива зерна высокого качества (с содержанием белка на уровне 13-14% и выше). Обе подкормки проводятся с учетом развития биомассы посевов с использованием оптического датчика N-sensor ALS Yara.

Проследим на примере 2014 г. влияние подкормок на урожайность озимой пшеницы (рис. 6).

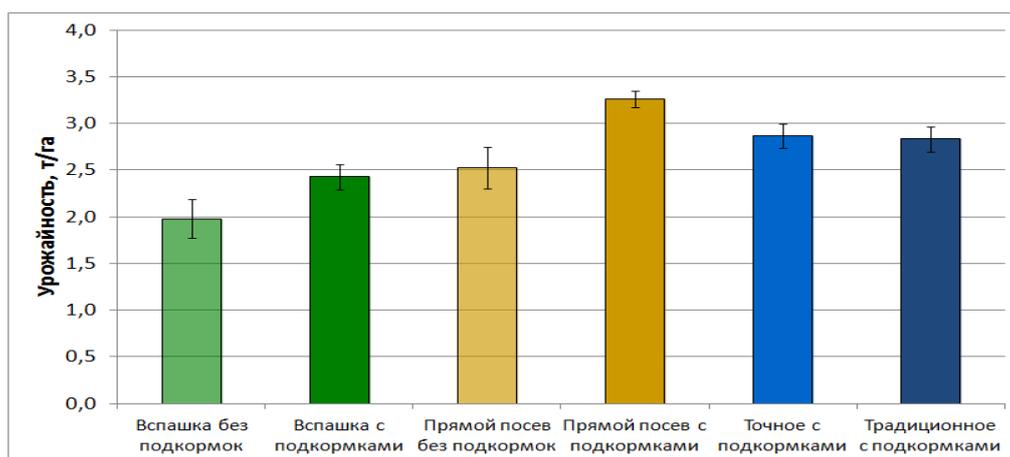


Рис. 6. Сравнение урожайности озимой пшеницы на разных вариантах опыта в 2014 г.
 Высота столбцов – средняя урожайность по вариантам,
 «усики» – 95%-ный доверительный интервал

Наиболее контрастна разница в урожайности озимой пшеницы при сравнении участков с применением подкормки по двум обработкам почвы: на варианте «прямой посев» урожайность была выше на 0,8 т/га по сравнению с вариантом «вспашка». Разница в

урожайности полянок с подкормками и без подкормок всегда очевидна, не стали исключением и наши наблюдения в 2014 г. При применении подкормок на варианте «вспашка» урожайность выросла на 20% по сравнению с контролем (2,4 и 1,9 т/га соответственно), на варианте «прямой посев» – на 29% (3,3 и 2,5 т/га соответственно). По отвальной обработке на точной технологии различия составляли 0,29 т/га, по нулевой при традиционной – 0,67 т/га. Существенной разницы между урожайностью озимой пшеницы при возделывании по точной и традиционной системе в 2014 г не выявлено, так же, как и в предыдущие годы исследования. Наибольшая разница в урожайности по вариантам опыта связана с применением азотных подкормок. В 2014 г на фоне применения азотных подкормок в дозах 2×70 кг/га в традиционном земледелии или 2×60-80 (дифференцированно) кг/га в точном земледелии урожайность повысилась по сравнению с контролем без подкормок на 0,3–0,8 т/га. В годы с хорошим увлажнением урожайность при применении подкормок в указанных дозах повышается в среднем на 1,5–2 т/га.

При разных технологиях возделывания подкормки имеют разную эффективность, но в любом случае применение удобрений окупается прибавкой урожая. Рентабельность применения азотных подкормок на посевах озимой пшеницы в 2014 г. приведена в таблице 3.

Таблица 3

Рентабельность применения азотных подкормок озимой пшеницы в опыте ЦТЗ, 2014 г.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Получено зерна на 1 кг внесенного азота	Рентабельность применения азотных удобрений, %
Контроль (без подкормок)	2,0	-	-
Традиционное земледелие, вспашка, азот 70 кг/га,	2,4	5,7	46
Точное земледелие, вспашка, азот 53 кг/га	2,4	7,5	93

Помимо обеспечения прибавки урожая озимой пшеницы при применении азотных подкормок, азот, оставшийся в почве после подкормок, усваивается промежуточной культурой – горчицей, которая заделывается в почву поздней осенью в качестве сидерата. Последствием применения азотных удобрений в виде подкормки проявляется в том, что на удобренных площадках биомасса горчицы выше, чем на контрольных полосах без подкормок, следовательно, и обогащение почвы органикой в этих местах также выше. После заделки горчицы почва становится более рыхлой, повышается ее влагоудерживающая способность, и последующая культура севооборота дает прибавку урожая.

Третьим слагаемым элементом точного земледелия является – оценка содержания элементов питания почвы каждого конкретного участка поля, в результате чего формируется карта плодородия (рисунок 7).

Эта карта загружается в специальную программу SMS Advanced, формирующую задания для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на каждый квадратный метр поля будет внесено именно то количество удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно этому участку. Есть другой способ получения того же результата, который нам представляется предпочтительнее. Можно идти от обратного и анализировать не состояние почвы, а во время уборки оценивать урожайность не в среднем, а на каждом конкретном участке. Исходя из этих данных, составляется карта урожайности того или иного поля.

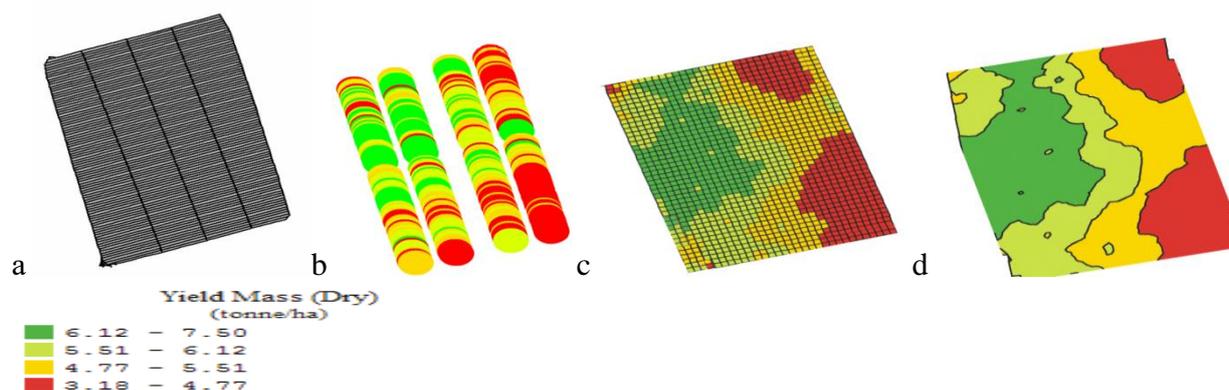


Рис. 7. Различное представление данных об урожайности сельскохозяйственных культур
a – сетка сплошного учета урожайности; *б* – точки по центру каждой ячейки сетки сплошного учета, *в* – размер точки 10 м; *с* – сетка 3×3 м; *д* – контур.

Эта карта загружается в специальную программу SMS Advanced, формирующую задания для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на каждый квадратный метр поля будет внесено именно то количество удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно этому участку. Есть другой способ получения того же результата, который нам представляется предпочтительнее. Можно идти от обратного и анализировать не состояние почвы, а во время уборки оценивать урожайность не в среднем, а на каждом конкретном участке. Исходя из этих данных, составляется карта урожайности того или иного поля.

В таблице 4 представлены урожайные данные по культурам зернопропашного севооборота за период исследований (2009-2016 гг.). Общей ситуацией можно отметить тенденцию незначительного превышения урожайности сельскохозяйственных культур по точной технологии в сравнении с традиционной. Обработки почвы проявляли себя по-разному [9].

На озимой пшенице наблюдалось преимущество точной технологии относительно традиционной в среднем за 8 лет по отвалной обработке на 0,12 т/га, по нулевой – на 0,11 т/га. Относительно влияния обработок на урожайность культуры следует подчеркнуть, что прямой посев опережал вспашку впервые годы исследований по традиционному земледелию на 0,27, по точному на 0,26 т/га. Такая закономерность проявляла свое содержание до той поры, пока неукоснительно соблюдались основные принципы нулевых технологий – своевременно и систематически применялись пестициды, качественно проводился посев озимой пшеницы с использованием соответствующих сеялок в зависимости от варианта обработки, все агроприемы выполнялись в срок. В дальнейшем (2017-2020 гг.), в связи с нарушениями, в некоторых моментах технологий, нарастанием распространения и развития сорняков, болезней и вредителей прямой посев существенно уступал вспашке, о чем свидетельствует информация таблицы 4, средняя урожайность озимой пшеницы была одинаковой.

Картофель за восемь лет проведения опыта сформировал урожайность по точной технологии на делянках отвалной обработки на 1,9 т/га выше традиционной, по минимальной обработке эта разница составила 0,8 т/га. Обработки почвы между собой различались: по традиционной технологии прибавка урожая картофеля 1,1 т/га в пользу вспашки, по точной – 2,2 т/га. Следовательно, точная технология возделывания картофеля позволяла формировать более качественные посадки с расположением растений строго по центру гребня, увеличивая его мощность, способствующего формированию более крупных и полноценных клубней [10].

Урожайность культур за две ротации зернопропашного севооборота в зависимости от технологии возделывания и приема обработки почвы, т/га

№ п./п.	Технология возделывания	Обработка почвы	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Озимая пшеница											
1	Традиционная (контроль)	Отвальная (к)	4,23	4,50	3,65	6,31	5,80	2,75	6,74	5,00	4,87
2		Нулевая	5,09	3,85	3,53	6,15	5,62	4,59	6,73	5,52	5,14
3	Точная	Отвальная	4,28	4,63	3,70	6,52	6,12	2,78	6,75	5,11	4,99
4		Нулевая	5,18	4,11	3,55	6,35	5,87	4,56	6,75	5,60	5,25
Картофель											
5	Традиционная (контроль)	Отвальная(к)	38,9	21,7	24,0	19,1	27,6	24,9	30,7	30,0	25,9
6		Минимальная	36,3	19,2	22,9	17,5	25,9	23,8	25,4	27,2	24,8
7	Точная	Отвальная	40,5	22,2	24,4	19,9	28,5	25,1	31,1	30,5	27,8
8		Минимальная	37,5	20,7	23,2	18,3	26,2	24,6	26,2	27,7	25,6
Ячмень											
9	Традиционная (контроль)	Отвальная (к)	5,09	3,35	2,62	4,26	5,16	3,85	5,52	4,04	4,24
10		Минимальная	5,39	2,99	2,83	4,18	5,00	4,01	5,22	3,99	4,20
11	Точная	Отвальная	5,40	3,47	2,76	4,33	5,20	3,88	5,55	4,11	4,34
12		Минимальная	5,78	3,06	3,08	4,20	4,95	4,03	5,20	4,06	4,30

Точная технология на ячмене способствовала повышению урожайности по отвальной и минимальной обработкам одинаково – на 0,1 т/га. Различия в урожайности по вариантам обработки почвы практически отсутствовали, что свидетельствует о возможности проведения как отвальных, так и минимальных обработок под замыкающую севооборот культуру в НЧЗ.

Заключение

Таким образом, в полевом опыте Центра точного земледелия реализуются задачи экономии средств и экологической безопасности, при использовании автопилота все агроприемы могут выполняться качественно и круглосуточно. Четкого преимущества точной технологии, исходя из урожайности сельскохозяйственных культур, не выявлено. Однако следует отметить тенденцию повышения продуктивности культур при неукоснительном выполнении элементов точного земледелия.

Под отдельные культуры зернопропашного севооборота следует применять комбинированную систему основной обработки дерново-подзолистой почвы, сочетающую отвальный, минимальный и нулевой способы.

Литература

1. Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В. и др. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: Учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, – 2013. – 148 с.
2. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / Под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева.- СПб-Пушкин, – 2009. – 400 с.
3. Якушев В.В., Воропаев В.В., Лекомцев П.В. Технология точного земледелия: опыт внедрения на полях Меньковской опытной станции АФИ РАСХН // Ресурсосберегающее земледелие. – 2009. – № 2. – С. 31-34.
4. Беленков А.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Мазиров М.А. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева // Известие ТСХА. – 2011.- Вып. 6. – С. 90-100.
5. Орлова Л.В., Чернов Н.Д. и др. Научно-практическое руководство по освоению и применению сберегающего земледелия. // Рекомендации – 3-е изд., доп. – М.: Евротехника, – 2006. – 183 с.
6. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия. // Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 5-8.
7. Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия. // Картофель и овощи. – 2019. – № 6. – С. 30-34.
8. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Личман Г.И., Смирнов И.Г., Марченко А.Н. Цифровые технологии химизации сельского хозяйства: теория и практика. М.: ФНАЦ ВИМ, – 2020. – 180 с.
9. Alexey Belenkov, Mikhail Mazirov, Valeria Arefieva Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia // Eurasian Journal of Soil Science. – 2018. – №7 (4). – P. 300-307.
10. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borosina E., Diop A., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-Cenozoic zone of Russia // RESEARCH ON CROPS. – 2020. – № 3 (September). – P. 67-74.

References

1. Balabanov V.I., Zhelezova S.V., Berezovskii E.V. et al. Navigation technologies in agriculture. Coordinate farming: Training manual. - Moscow: Publ. RGAU - MSKha imeni K.A. Timiryazeva, 2013. - 148 p.
2. Shpaar D., Zakharenko A.V., Yakushev V.P., eds. Precision agriculture.- St. Petersburg,-Pushkin, 2009.- 400 p.
3. Yakushev V.V., Voropaev V.V., Lekomtsev P.V. Precision farming technology: experience of implementation on the fields of Menkovo experimental station of AFI RAAS // *Resursosberegayushchee zemledelie*.- 2009.- №2.- Pp. 31-34.
4. Belenkov A.I., Zhelezova S.V., Berezovskii E.V., Mazirov M.A. Elements of precision farming technology in the field experiment of the RGAU - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev // *Izvestie TSKhA*. - 2011.- Iss. 6. - Pp. 90-100.
5. Orlova L.V., Chernov N.D. et al. Scientific and Practical Guide to the Adoption and Application of Conservation Agriculture.// Recommendations - 3rd ed., - Moscow: Evrotekhnika, 2006. - 183 p.
6. Baibekov R.F. Nature-like technologies - the basis for sustainable development of agriculture. // *Zemledelie*. - 2018. - № 2. - Pp. 5-8.
7. Belenkov A.I., Berezovskii E.V., Zhelezova S.V. Improvement of potato cultivation technology in precision farming system. // *Kartofel' i ovoshchi*. - 2019. - №6. - Pp. 30-34.
8. Izmailov A.Yu., Artyushin A.A., Lichman G.I., Smirnov I.G., Marchenko A.N. Tsifrovyye tekhnologii khimizatsii sel'skogo khozyaistva: teoriya i praktika. Moscow: FNATs VIM, 2020. - 180 p.
9. Alexey Belenkov, Mikhail Mazirov, Valeria Arefieva Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia // Eurasian Journal of Soil Science. - 2018. - №7 (4). - Pp. 300-307.
10. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borosina E., Diop A., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-Cenozoic zone of Russia // RESEARCH ON CROPS. - 2020. - N 3 (September). - Pp. 67-74.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОТРАСЛЕЙ ЗЕРНОПРОДУКТОВОЙ ЦЕПОЧКИ С ПОЗИЦИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Л.А. ГОЛОВИНА, кандидат экономических наук, ORCID ID 0000-0002-8362-6804

О.В. ЛОГАЧЕВА, кандидат экономических наук, ORCID ID 0000-0002-0740-1339

ВНИОПТУСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, Г. МОСКВА

В статье проводится оценка состояния ключевых отраслей АПК с позиции их функционирования в зернопродуктовой цепочке. Проанализированы основные тенденции изменения объемов продаж, чистой прибыли и рентабельности продаж на основе индексов структурных сдвигов по основным звеньям. Выявлены сложившиеся различия между звеньями зернопродуктовой цепочки по представленным ключевым экономическим показателям.

Ключевые слова: зернопродуктовая цепочка, экономические показатели, структурные сдвиги, динамическая эффективность.

Для цитирования: Головина Л.А., Логачева О.В. Анализ состояния отраслей зернопродуктовой цепочки с позиций динамической эффективности // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47): 132-138. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-132-138

ANALYSIS OF THE STATE OF THE GRAIN PRODUCT CHAIN INDUSTRIES FROM THE STANDPOINT OF DYNAMIC EFFICIENCY

L.A. Golovina, O.V. Logacheva

VNIOPTUSH – BRANCH OF THE FSBSI FRC AESDA VNIIESH, Moscow

***Abstract:** he article assesses the state of key agricultural industries from the perspective of their functioning in the grain production chain. The main trends of changes in sales volumes, net profit and profitability of sales are analyzed on the basis of indices of structural shifts in the main links. The existing differences between the links of the grain production chain according to the presented key economic indicators are revealed.*

Keywords: grain product chain, economic indicators, structural shifts, dynamic efficiency.

Введение

Зернопродуктовая цепочка является крупнейшим сегментом аграрного производства, составляет основу агропромышленного комплекса Российской Федерации и определяется многосторонними связями зернового производства с определёнными отраслями аграрного производства, промышленности и торговли. В значительной степени от сбалансированного развития каждого ее звена зависит продовольственная безопасность страны, поэтому и обеспечение населения продуктами питания собственного производства является приоритетной задачей государства. В современных условиях на развитии отраслей зернопродуктовой цепочки сказываются как проблемы, оставшиеся от предыдущих периодов некоторых не решенных системных вопросов (несовершенство организационно-экономических, социальных и институциональных структур) [1, 8, 12], так и в условиях международных антироссийских санкций усложняются проблемы взаимодействия отраслей при обеспечении непрерывного характера процесса функционирования в целостной системе АПК.

Завершение 2021-2022 гг. отмечено масштабными изменениями, которые направлены на совершенствование государственной аграрной политики и поддержку зернового подкомплекса страны. В частности, изменения касаются механизма, который позволяет проследить цепочку продвижения сырья от места ее производства, до переработки в готовую продукцию, и продажи на товарных рынках страны или за рубеж [2, 9].

Следует отметить, что благодаря реализуемой правительством аграрной политики за последние годы в развитии отечественного сельскохозяйственного производства были достигнуты заметные результаты. Безусловно, увеличились объемы производства основных видов сельскохозяйственной продукции, что позволило обеспечить выполнение пороговых значений Доктрины продовольственной безопасности почти по всем основным видам продукции и увеличить экспорт сельскохозяйственной продукции и продовольствия [11, 12].

В соответствии с положениями Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации пороговое значение удельного веса зерна отечественного производства в общем объеме ресурсов зерна внутреннего рынка должно составлять не менее 95%. Для оценки продовольственной независимости разрабатываются показатели уровня самообеспечения в виде процентного отношения объема отечественного производства сельскохозяйственной продукции к объему ее внутреннего потребления, имеющие пороговые значения, составляющие в отношении зерна 95%. В течение последних четырех лет данный показатель находится на уровне 140-150%, что не только гарантирует самообеспеченность зерном, но и создает предпосылки для развития отрасли животноводства и высокий экспортный потенциал. Приоритетная роль зерна в обеспечении продовольственной безопасности также определяется технологической возможностью создания резервов и запасов зерна, предназначенных для гарантированного снабжения страны с учетом агроклиматических и географических особенностей регионов [10].

Эффективность каждого звена зернопродуктовой цепочки обеспечивает результативность финансово-хозяйственной деятельности отрасли, достижение высоких показателей производительности, экономичности, доходности и доступности качественной продукции для конечного потребителя.

Цель исследований – объективно оценить результаты деятельности звеньев зернопродуктовой цепочки в отраслевом аспекте, выявить сильные и слабые стороны.

Материал и методы исследований

Для проведения исследования с целью выявления особенностей развития зернопродуктовой цепочки аналитико-расчетные действия охватывают ключевые ее звенья, включая не только производство зерна, но его хранение, переработку, хлебопекарное производство, а также реализацию продуктов его переработки на оптовых и розничных рынках. В наших исследованиях, согласно ОКВЭД, в рамках зернопродуктовой цепочки рассмотрены следующие отрасли: 01.11.1 «Выращивание зерновых культур»; 52.10.3 «Хранение и складирование зерна»; 10.61.2 «Производство муки из зерновых культур»; 10.7 «Производство хлебобулочных и мучных кондитерских изделий»; 46.21.11 «Торговля оптовая зерном»; 46.38.23 «Торговля оптовая мукой и макаронными изделиями»; 47.24 «Торговля розничная хлебом, хлебобулочными и кондитерскими изделиями». Всего данным исследованием по всей зернопродуктовой цепочки по итогам 2022 г. было охвачено 15969 организаций. Среди них 40,7% специализируются на производстве зерна; 34,9% – занимаются производством хлебобулочных и мучных кондитерских изделий; 3,8% – хранением и складированием зерна; 2,4% – производством муки; остальные относятся к сфере оптовой и розничной торговли (9,3% – оптовая торговля зерном; 2,4% оптовая торговля мукой и макаронными изделиями; 6,4% – розничная торговля хлебом и хлебобулочными изделиями).

В ходе исследования были использованы традиционные методы: абстрактно-логический, сравнительного и структурного анализа, оценки динамической эффективности.

Результаты и их обсуждение

Оценка результативности отраслей в контуре зернопродуктовой цепочки проводилась за 2018-2022 гг., который совпадает с реализацией второго этапа действующей Госпрограммы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Данный период ознаменован изменения в мерах господдержки с введением защитных мер в сфере таможенно-тарифного регулирования и активизацией экспорта продовольственных товаров, и переменами, обусловленные переходом от программно-целевого метода управления к проектно-технологическим решениям, базирующимся на цифровых инструментах. [3, 4].

Структурные изменения в аграрном производстве под влиянием современных вызовов позволили обеспечить положительные тенденции развития преимущественно всем отраслям зернопродуктовой цепочки (табл. 1).

Таблица 1

Темп прироста отдельных ключевых экономических показателей в разрезе звеньев зернопродуктовой цепочки за 2018-2022 гг.

Звенья зернопродуктовой цепочки	Темп прироста, п.п.			
	объемов продаж	чистой прибыли	рентабельности продаж по чистой прибыли	выручки от продаж на 1000 руб. затрат
01.11.1	+44,8	+160,8	+80,2	+11,7
52.10.3	+8,8	-1,5	-9,5	-2,7
10.61.2	+55,3	+471,4	+268,0	+2,2
10.7	+55,0	+225,5	+110,1	+2,5
46.21.11	+19,4	+101,3	+68,6	+1,3
46.38.23	+31,4	+247,1	+164,2	+3,6
47.24	+2,7	+16,7	+13,7	+4,7
Всего по цепочке	+37,7	+158,7	+87,9	+4,4

Источник информации: рассчитано авторами на основе <https://globas.credinform.ru/ru-RU/> [5]

По данным анализа таблицы 1 видно, что за исследуемый период выявлены различия в темпах прироста представленных показателей в отраслевом разрезе. Так, в целом по цепочке темп прироста объемов продаж составляет 37,7 п.п., а производители муки, хлебопекарные организации и сельхозорганизации показали более высокие темпы прироста – 55,3 п.п., 55 п.п. и 44,8 п.п. соответственно; наименьший прирост получен в сегменте розничной торговли хлебом, очевидно связанный с вмешательством государства в регулирование цен. По темпам прироста чистой прибыли и рентабельности продаж наблюдаются более существенные колебания по звеньям: максимальные приросты получены в мукомольном производстве, а звено хранения и складирования зерна демонстрирует отрицательную тенденцию этих показателей. По итогам 2022 г. по сравнению с 2018 г. наименьшие различия между субъектами зернопродуктовой цепочки сложились по размеру выручки от продаж на 1000 руб. затрат. По данному показателю можно отметить производителей зерна, прирост которых составил 11,7 п.п. и элеваторы у которых произошел спад на 2,7 п.п.

Высокая эффективность хозяйственной деятельности выступает основной предпосылкой периодического расширенного воспроизводства. Данную позицию наиболее наглядно подтверждают изменения структурных сдвигов в объемах продаж зернопродуктовой цепочки за период 2018-2022 гг., которые представлены на рис. 1.

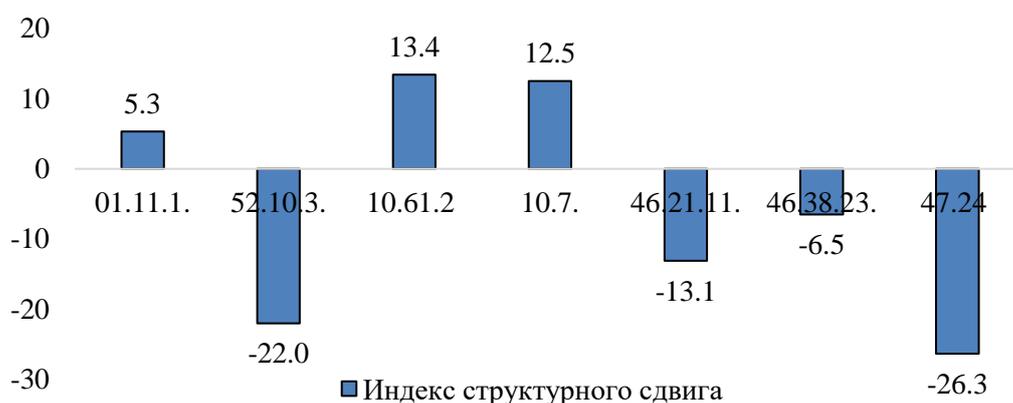


Рис. 1. Индексы структурных сдвигов в объемах продаж по звеньям зернопродуктовой цепочки 2018-2022 гг., %

Источник информации: рассчитано авторами на основе <https://globas.credinform.ru/ru-RU/> [5]

Оценка индексов структурных сдвигов указывает на значительную дифференциацию в объемах продаж по звеньям зернопродуктовой цепочки. Произошло существенное сокращение объемов в 2022 г. к уровню 2018 г. в таких звеньях как торговля хлебом на 26,3 п.п., хранение и складирование на 22 п.п., торговля оптом зерном на 13,1 п.п. и мукой на 6,5 п.п. По остальным трем звеньям происходил стабильный рост объемов по сравнению с базовым годом, в частности: по выращиванию зерновых на 5,3 п.п., по производству муки на 13,4 п.п., по производству хлебобулочных изделий на 12,5 п.п.

С позиции динамической эффективности изменения структурного сдвига по чистой прибыли в разрезе звеньев зернопродуктовой цепочки представляются одним из важнейших аспектов в анализе состояния исследуемых отраслей (рис. 2).

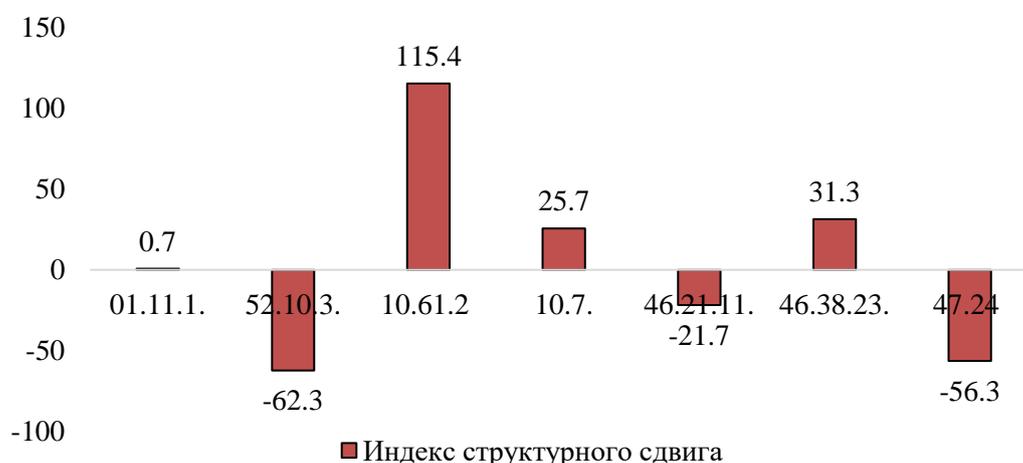


Рис. 2. Индексы структурных сдвигов в объемах чистой прибыли по звеньям зернопродуктовой цепочки 2018-2022 гг., %

Источник информации: рассчитано авторами на основе <https://globas.credinform.ru/ru-RU/> [5]

Содержательный анализ приведенных данных показывает, что объем чистой прибыли в 2022 г. по сравнению с 2018 г. вырос значительно по производству муки из зерновых культур (на 115,4 п.п.), также рост произошел в производстве хлеба и хлебобулочных изделий (на 25,7 п.п.) и оптовой торговле мукой и макаронными изделиями (на 31,3 п.п.). По звену хранения и складирования зерна произошел отрицательный структурный сдвиг (на 62,3 п.п.),

примерно на такую же величину (на 56,3 п.п.) снизились объемы чистой прибыли в розничной торговле хлебом и хлебобулочными изделиями, меньший спад произошел в оптовой торговле зерном (на 21,7 п.п.).

Для того чтобы оценить результативность, рассмотрим структурные изменения по уровню рентабельности продаж, которые за исследуемый период значительно выросли (рис. 3).

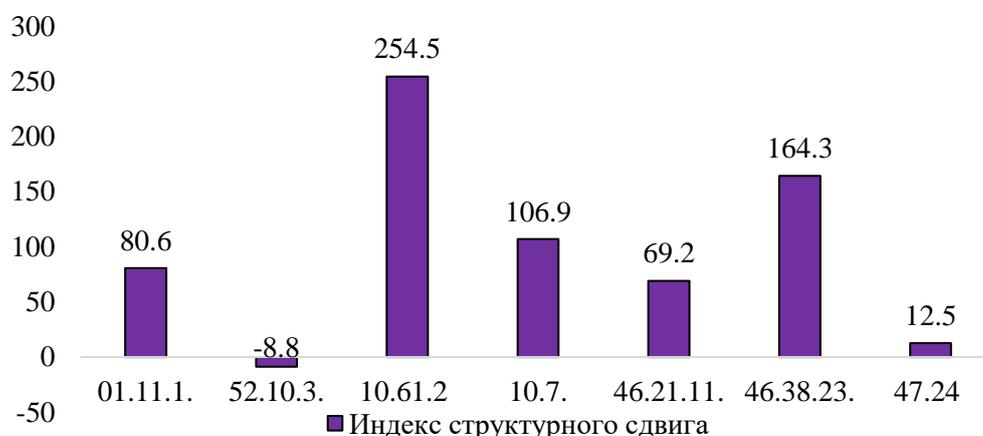


Рис. 3. Индексы структурных сдвигов рентабельности продаж по чистой прибыли по звеньям зернопродуктовой цепочки 2018-2022 гг., %

Источник информации: рассчитано авторами на основе <https://globas.credinform.ru/ru-RU/> [5]

Результаты оценки динамики изменений рентабельности продаж, показали положительный структурный сдвиг по всем звеньям зернопродуктовой цепочки, за исключением отрасли 52.10.3 (хранения и складирования зерна), где произошел спад на 8,8 п.п. Однако между звеньями за анализируемый период наблюдается существенные различия в темпах структурного сдвига. Так, по звену 10.61.2 (производство муки) достигнут максимальный рост на 254,5 п.п., а минимальный – по 47.24 (торговля хлебом в розницу) – на 12,5 п.п.

Проведенный в ходе исследования анализ выявил, что между отраслями, относящимися к разным звеньям зернопродуктовой цепочки, имеются различия по количеству участников, темпам прироста основных финансово-экономических показателей. Эффективность и сбалансированность отраслей определяется множеством факторов, к числу основных из них можно отнести территориально-отраслевую принадлежность и концентрацию отрасли, то есть количество взаимодействующих субъектов предпринимательства в каждом звене, а также уровень ликвидности и финансовой устойчивости (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика концентрации, уровня ликвидности и финансовой устойчивости в отраслевом разрезе зернопродуктовой цепочки за 2018-2022 гг.

Звенья зернопродуктовой цепочки	Концентрация отрасли	Уровень ликвидности и финансовой устойчивости	Управление задолженностью
01.11.1	умеренная	высокий	эффективное
52.10.3	средняя	низкий	эффективное
10.61.2	средняя	средний	эффективное
10.7	умеренная	средний	эффективное
46.21.11	высокая	низкий	эффективное
46.38.23	средняя	средний	эффективное
47.24	средняя	средний	эффективное

Источник информации: <https://globas.credinform.ru/ru-RU/> [5]

Для характеристики концентрации отраслей зернопродуктовой цепочки с учетом теоретических и практических исследований имеется шкала, которая отражает степень влияния каждого сегмента на рыночную конъюнктуру:

высокая – появление новых участников на рынке затруднительно;

умеренная – рынок открыт для новых участников;

средняя – появление новых участников на рынке возможно;

низкая – рынок открыт для новых участников.

Кроме того, для минимизации рисков образования невозвратных и сомнительных задолженностей организации следует проводить оценку эффективности управлением задолженностью, которое можно определить, как эффективное, в случае, когда период погашения собственной задолженности превышает срок возврата задолженности со стороны контрагентов и неэффективное, когда период погашения задолженности со стороны контрагентов не превышает срок возврата собственной задолженности.

Уровень концентрации отрасли отличается: умеренная для выращивания зерновых и производства хлеба, высокая – в оптовой торговле зерном, в остальных звеньях – средняя, таким образом можно сказать, что доступ на рынок новых участников возможен практически для всех звеньев. Отметим, что в отрасли 01.11.1 наблюдается высокий уровень ликвидности и финансовой устойчивости, в то время как для производителей мукомольной продукции, хлеба и хлебобулочных изделий, а также торговли оптом мукой и хлебом в розницу – он средний; для элеваторов и оптовой торговли зерном – низкий. Управление задолженностью у всех отраслей зернопродуктовой цепочки отвечает критериям эффективного управления.

Заключение

Таким образом, проводимая в последние годы государственная политика поддержки и стимулирования отраслей экономики, аккумулирующая условия для развития аграрного бизнеса и определяющая правильную расстановку приоритетов в направлении укрепления зернопродуктового сегмента, позволила сохранить тенденции роста экономических и производственных показателей по звеньям, а по ключевым позициям – обеспечить динамическую эффективность. Хотя проблемный срез во взаимодействии между отраслями зернопродуктовой цепочки (различия по количеству участников, концентрации производства, по уровню ликвидности и финансовой устойчивости, а также по степени открытости рынка) в ближайшее время будет требовать пристального внимания, как со стороны государства, так и со стороны бизнеса. В дальнейшем необходимо конструктивный перечень мероприятий по созданию условий для сохранения достигнутых темпов роста и «сглаживания» сложившихся разрывов в ключевых экономических показателях по отраслям зернопродуктовой цепочки.

Статья подготовлена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ по теме НИР № FGWE-2022-0023.

Литература

1. Алтухов А.И. Пространственная организация зернового хозяйства. // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. –2022. – №2. – С. 131-138. DOI: 10.37984/2076-9288-2022-2-131-138
2. Аналитический вестник №22(812) О реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации (к «правительственному часу» 530-го заседания Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 5 октября 2022 года) - URL: <http://council.gov.ru/media/files/pzgbeWANoKR918YkuYQvi81W2e8Gs948.pdf>
3. Головина Л.А., Логачева О.В. Структурные изменения и устойчивое развитие аграрного предпринимательства. // Московский экономический журнал. – 2023. – Т.8. – № 2. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_2_49
4. Головина Л.А., Логачева О.В. Влияние изменений ценовых пропорций на доходность субъектов зернопродуктовой цепочки. // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2022. – №1. – С. 121-138. DOI: 10.24412/2071-6435-2022-1-121-138
5. Информационно-аналитическая система Глобас - URL: <https://globas.credinform.ru/ru-RU/>
6. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198

7. Нестеренко Ю.Н., Тимохин Д.В., Панин А.В. Эквивалентности экономических отношений субъектов предпринимательства в системе агропродовольственных цепочек. // Агропродовольственная политика России. – 2023. – №1. – С. 41-49. DOI: 10.35524/2227-0280_2023_01_41
8. Полухин А.А., Панарина В.И. Основные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и пути их решения. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 5-11. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11178
9. Полухин А.А., Лытнева Н.А., Парушина Н.В. Анализ рынка зерновых и зернобобовых культур в системе ФГИС «Зерно» для продовольственной безопасности страны. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – №4 (44). – С. 12-23. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-12-23
10. Распоряжение правительства Российской Федерации от 10 августа 2019 года №1796-р «Об утверждении Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года» - URL: <https://docs.cntd.ru/document/560974985>
11. Ушачев И.Г., Маслова В.В., Колесников А.В. Нарастивание объемов агропромышленного производства для обеспечения продовольственной безопасности и увеличения экспортного потенциала АПК России. // Экономика региона. – 2022. – Т.18. – №4. – С. 1178-1193. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-4-15
12. Холодова М.А. Структурные сдвиги развития аграрного сектора России в рамках реализации национальных приоритетов. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 4(40). – С. 256-272. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-256-272

References

1. Altuhov A.I. Prostranstvennaja organizacija zernovogo hozjajstva [Spatial organization of grain farming] // *Fundamental'nye i prikladnye issledovanija kooperativnogo sektora jekonomiki*. – 2022. – №2. – Pp. 131-138. DOI: 10.37984/2076-9288-2022-2-131-138
2. Analiticheskij vestnik № 22 (812) O realizacii doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii [Analytical Bulletin No. 22(812) On the implementation of the doctrine of food security of the Russian Federation] - URL: <http://council.gov.ru/media/files/pzgbеWAHoKR918YkuYQvi8IW2e8Gs948.pdf>
3. Golovina L.A., Logacheva O.V. Strukturnye izmenenija i ustojchivoe razvitie agrarnogo predprinimatel'stva [Structural Changes and Sustainable Development of Agricultural Entrepreneurship] // *Moskovskij jekonomicheskij zhurnal*. – 2023. – V.8. – № 2. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_2_49
4. Golovina L.A., Logacheva O.V. Vlijanie izmenenij cenovyh proporcij na dohodnost' sub#ektov zernoproduktovoj cepochki [Influence of changes in price proportions on the profitability of subjects of the grain product chain] // *JeTAP: jekonomicheskaja teorija, analiz, praktika*. – 2022. – №1. – Pp. 121-138. DOI: 10.24412/2071-6435-2022-1-121-138
5. Informacionno-analiticheskaja sistema Globas [Information and analytical system Globas] - URL: <https://globas.credinform.ru/ru-RU/>
6. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Hmyzova N.G. Razvitie proizvodstva zernobobovyh i krupyanyh kul'tur v Rossii na osnove ispol'zovaniya selekcionnyh dostizhenij// *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020. № 4 (36). Pp. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198
7. Nesterenko Ju.N., Timohin D.V., Panin A.V. Jekvivalentnosti jekonomicheskikh odnoszenij sub#ektov predprinimatel'stva v sisteme agroprodovol'stvennyh cepochek [Equivalence of economic relations of business entities in the system of agro-food chains] // *Agroprodovol'stvennaja politika Rossii*. – 2023. – №1. – Pp. 41-49. DOI: 10.35524/2227-0280_2023_01_41
8. Poluhin A.A., Panarina V.I. Osnovnye problemy selekcii i semenovodstva sel'skohozyajstvennyh kul'tur i puti ih resheniya// *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020. № 3 (35). Pp. 5-11. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11178
9. Poluhin A.A., Lytneva N.A., Parushina N.V. Analiz rynka zernovyh i zernobobovyh kul'tur v sisteme FGIS «Zerno» dlja prodovol'stvennoj bezopasnosti strany [Analysis of the market of grain and leguminous crops in the system of FSIS "Grain" for the country's food security] // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. – 2022. – №4 (44). – Pp. 12-23. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-12-23
10. Rasporjazhenie pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 10 avgusta 2019 goda №1796-r «Ob utverzhenii Dolgosrochnoj strategii razvitija zernovogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2035 goda» [Decree of the Government of the Russian Federation dated August 10, 2019 No. 1796-r «On approval of the Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035»] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/560974985>
11. Ushachev I.G., Maslova V.V., Kolesnikov A.V. Narashhivanie ob#emov agropromyshlennogo proizvodstva dlja obespechenija prodovol'stvennoj bezopasnosti i uvelichenija jeksportnogo potenciala APK Rossii [Increasing the volume of agro-industrial production to ensure food security and increase the export potential of the agro-industrial complex of Russia] // *Jekonomika regiona*. – 2022. – V.18. – №4. – Pp. 1178-1193. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-4-15
12. Holodova M.A. Strukturnye sdvigi razvitija agrarnogo sektora Rossii v ramkah realizacii nacional'nyh prioritetov [Structural shifts in the development of the agrarian sector of Russia in the framework of the implementation of national priorities]// *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. – 2020. – № 4(40). – Pp. 256-272. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-256-272