

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 1 (57), 2026 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

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

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

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

Зубарева Кристина Юрьевна, к. биол. наук

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

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

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

Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН

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

Тютюнов Сергей Иванович, академик РАН

Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай

Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук

Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН

Научный редактор, корректор

Грядунова Н.В.

Технический редактор

Хмызова Н.Г.

Перевод на английский язык **Стефанина С.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
категории К2, 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: 20.03.2026 г.

Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»

Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPĀNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 1 (57), 2026

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.)*

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.)*

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

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

Zubareva, Kristina Yu. – *FSBSI FSC LGC, acting Scientific Secretary, Cand. Sci. (Biol.)*

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.)*

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*

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

Tyutyunov, Sergei I. – *FSBSI «Belgorod FARC RAS», Director, 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.*

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

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

English translation: **Stefanina, Svetlana 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 of category K2, 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 rajjon, 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: 20.03.2026
Format A4.
Font Times New Roman.
Circulation 300 copies.
Printed at FSBSI «FSC LGC»
Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Зотиков В.И., Грядунова Н.В. Современные достижения и основные направления в селекции гречихи и проса в России	5
Кузнецов И.Ю., Дмитриев А.М., Авсахов Ф.Ф., Алимгафаров Р.Р., Родионов Н.Ю. Адаптивный потенциал коллекционных сортообразцов гороха посевного: оценка пластичности и стабильности в условиях Республики Башкортостан	17
Ошергина И.П., Ген Е.А., Пестова Д. М. Оценка коллекционных образцов гороха на засухоустойчивость в условиях Северного Казахстана	27
Крицкий М.Н., Власов А.Г., Панарина В.И., Гуринович С.О., Кирюхин С.В. Оценка адаптивных способностей сортов сои в условиях Орловской и Минской областей	39
Зубарева К. Ю., Хрыкина Т.А., Белозерова А.В., Косолапова Н.И. Оценка перспектив использования ростостимулирующих комплексов эндометаболитов цианобактерий <i>Arthrospira platensis</i> при возделывании сои	48
Савенков В.П. Урожайность и экономическая эффективность возделывания сои и ярового рапса в севообороте при изменении основной обработки почвы	55
Пузина Т.И., Легченко У.В., Макеева И.Ю. Влияние антиоксиданта селена на содержание ауксинов и качественные показатели процесса дыхания растений сои в условиях засухи	64
Сорокина С.Ю. Фактор питания в реализации генетического потенциала новых сортов фасоли в условиях ЦФО	71
Стебаков В.А., Мазалов В.И., Небытов В.Г., Шманёв В.С. Результаты оценки урожайности и адаптивных свойств разных морфобиотипов сортов гречихи	79
Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Мозлов В.А., Армянинова И.С. Проблемные аспекты и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна	88
Гусева А.Н., Цуканова З.Р. Роль фракции семян в формировании урожая люпина узколистного	100
Пимохова Л.И., Анишко М.Ю., Царапнева Ж.В., Мисникова Н.В. Мониторинг развития и распространения болезней в посевах люпина белого (<i>Lupinus albus</i> L.)	106
Кузнецов И.Ю., Авсахов Ф.Ф., Анохина Н.С., Даутова Э.Р., Ягудин А.Г. Адаптивный потенциал сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Республики Башкортостан	113
Никифоров В.М., Никифоров М.И. Продуктивность и качество маслосемян современных гибридов подсолнечника в условиях серых лесных почв Центрального региона России	122
Пашковская А.А., Шаповалов В.Ф., Зверева Л.А. Влияние фосфорных и калийных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур на торфяных почвах	131

НОВИНКИ СЕЛЕКЦИИ

Фесенко А.Н., Фесенко И.Н., Бирюкова О.В. Новый сорт гречихи Диана	137
---	-----

ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ

Дьяченко В.В., Новик Н.В. К 80-летию со дня рождения Бориса Степановича Лихачёва, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного деятеля науки Российской Федерации (1946-2013 гг.)	143
---	-----

Zotikov V.I., Gryadunova N.V. Current achievements and main trends in buckwheat and millet breeding in Russia	5
Kuznetsov I.Yu., Dmitriev A.M., Avsakhov F.F., Alimgafarov R.R., Rodionov N.Yu. Adaptive potential of collection samples of field pea: assessment of plasticity and stability in the conditions of the Republic of Bashkortostan	17
Oshergina I.P., Ten E.A., Pestova D.M. Evaluation of pea germplasm for drought tolerance under the conditions of Northern Kazakhstan	27
Kritskii M.N., Vlasov A.G., Panarina V.I., Gurinovich S.O., Kiryukhin S.V. Assessment of the adaptive abilities of soybean varieties in the conditions of the Orel and Minsk regions ..	39
Zubareva K.Yu., Khrykina T.A., Belozerova A.V., Kosolapova N.I. Evaluation of prospects for the use of growth-promoting complexes of endometabolites of cyanobacteria <i>Arthrospira platensis</i> in soybean cultivation	48
Savenkov V.P. Yield and economic efficiency of soybean and spring rapeseed cultivation in crop rotation with a change in basic tillage	55
Puzina T. I., Legchenko U. V., Makeeva I. Yu. Effect of the selenium antioxidant on auxin content and qualitative indicators of the respiration process in soybean plants under drought conditions	64
Sorokina S. Yu. Nutritional factor in the realization of the genetic potential of new bean varieties in conditions of Central Federal District.....	71
Stebakov V. A., Mazalov V. I., Nebytov V. G. , Shmanev V. S. Results of the assessment of yield and adaptive properties of different morphotypes of buckwheat varieties	79
Tikhonov N.P., Tikhonova T.V., Mozlov V.A., Armyaninova I.S. Problem aspects and results of breeding of millet for resistance to grain melanosis	88
Guseva A.N., Tsukanova Z.R. The role of seed fraction in the formation of the yield of narrow-leaved lupine	100
Pimokhova L.I., Anishko M.Yu., Tsarapneva Zh.V., Misnikova N.V. Monitoring for diseases' development and extension in white lupine (<i>Lupinus albus</i> L.) crops	106
Kuznetsov I.Yu., Avsakhov F.F., Anokhina N.S., Dautova E.R., Yagudin A.G. Adaptive potential of varieties and lines of winter mild wheat in the conditions of the Republic of Bashkortostan	113
Nikiforov V. M., Nikiforov M. I. Productivity and quality of oilseeds of modern sunflower hybrids in the conditions of gray forest soils of the Central Region of Russia	122
Pashkovskaya A.A., Shapovalov V.F., Zvereva L.A. Effect of phosphoric and potassium fertilizers on the harvest of agricultural crops on peat soils	131
Fesenko A.N., Fesenko I.N., Biryukova O.V. New buckwheat variety Diana	137

MEMORY OF A COLLEAGUE

Dyachenko V.V., Novik N.V. On the 80th anniversary of the birth of Boris Stepanovich Likhachev, doctor of agricultural sciences, professor, Honored scientist of the Russian Federation	143
--	-----

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СЕЛЕКЦИИ ГРЕЧИХИ И ПРОСА В РОССИИ

В.И. ЗОТИКОВ, член-корреспондент РАН, ORCID ID: 0000-0001-5713-7444

Н.В. ГРЯДУНОВА, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0009-0002-9390-0464

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, E-mail: office@vniizbk.ru

***Аннотация.** В статье представлены результаты и перспективные направления селекционной работы по гречихе и просу в России в научных учреждениях и организациях при выполнении государственных заданий на 2020-2025 годы. Дана краткая характеристика новых сортов, внесённых в Государственный реестр селекционных достижений, отмечены их основные показатели и хозяйственно ценные признаки.*

***Ключевые слова:** сорт, гречиха, просо, селекция, государственное испытание.*

***Для цитирования:** Зотиков В.И., Грядунова Н.В. Современные достижения и основные направления в селекции гречихи и проса в России. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):5-16 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-5-16*

CURRENT ACHIEVEMENTS AND MAIN TRENDS IN BUCKWHEAT AND MILLET BREEDING IN RUSSIA

V. I. Zotikov, N. V. Gryadunova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract:** The article presents the results and promising directions of breeding work on buckwheat and millet in Russia in scientific institutions and organizations in the implementation of state assignments for 2020-2025. A brief description of the new varieties included in the State Register of Breeding Achievements is given, and their main indicators and economically valuable traits are noted.*

***Keywords:** variety, buckwheat, millet, breeding, state testing.*

Развитие агропромышленного комплекса в современных условиях не возможны без использования селекционных достижений и новые сорта, являясь составной частью развития инновационных технологий, играют определённую роль в увеличении производства продукции растениеводства. Научные концепции селекционного процесса по различным сельскохозяйственным культурам, включая гречиху и просо, направлены на создание сортов с высокой адаптивностью к факторам внешней среды, к изменяющимся климатическим условиям вегетации. Важна не только селекция на продуктивность, но и на качество продукции, скороспелость, устойчивость к дефициту влаги, вредителям и болезням [1]. Всё это необходимо для обеспечения продовольственной независимости страны, как составной части национальной безопасности государства. Кроме зерновых культур, важной составляющей для сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности страны являются крупяные культуры, традиционно используемые народами России. В первую очередь гречиха, просо и рис. Крупяные культуры – гречиха и просо входят в баланс зерна страны и являются сырьём для получения полноценных продуктов питания населения. В современных условиях возрастает роль гречихи как одного из относительно дешёвых полноценных продуктов питания. По своим потребительским свойствам она уникальна,

поскольку одновременно удовлетворяет физиологические потребности организма человека в питательных компонентах и энергии, выполняя профилактические и лечебные функции.

Исследования по селекции гречихи и проса базируются на совершенствовании методов оценки и создания исходного селекционного материала, усилении адаптивных свойств культур и выведение на основе полученного материала новых сортов, сочетающих экологическую пластичность, высокую урожайность, технологичность возделывания и переработки, высокое качество продукции. Научными учреждениями разработаны современные биотехнологические методы создания исходного материала: культуры изолированных семян гречихи, культуры пыльников проса, на основе которых получены высокопродуктивные дигамплоиды проса, межвидовые гибриды гречихи. При создании новых сортов гречихи и проса применяются как традиционные методы селекции, основанные на сложной и ступенчатой гибридизации, так и современные биотехнологические методы. В качестве исходного материала при выполнении селекционных заданий использовались современные новейшие достижения отечественной селекции, образцы коллекции ФИЦ «ВИГРР имени Н.И. Вавилова», собственный селекционный генофонд учреждений. Выполненные ранее основополагающие исследования по биологии и физиологии, разработке научных основ использования в селекции межвидовой и внутривидовой гибридизации, комплексного использования мутаций, позволили создать ограниченно ветвящиеся, детерминантные, устойчивые к осыпанию плодов, высокоурожайные сорта гречихи.

В реализации заданий по созданию новых сортов гречихи и проса участвовали свыше 30 Федеральных научных центров, высших учебных заведений и организаций Министерства науки и высшего образования РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Российской академии наук.

Селекция гречихи

Селекционным улучшением гречихи в России занимаются следующие Федеральные научные центры, учреждения и организации: ФИЦ зернобобовых и крупяных культур, ФИЦ «Казанский научный центр РАН», Уфимский ФИЦ РАН, ФИЦ «Красноярский НЦ РАН», ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки, ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН», ФГБУН «Сибирский ФНЦ агробиотехнологий РАН (Новосибирск), Иркутский НИИСХ, Приморский НИИСХ, Алтайский НИИСХ, ФГБОУ ВО Казанский ГАУ, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, Шатиловская СХОС – филиал ФГБНУ ФНЦ ЗБК, ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, ООО «Фагопирум» (Москва). ООО «АктивАгро» (Саратов).

В селекции гречихи в последние годы проявляется тенденция отхода от традиционного морфотипа растения – неограниченный рост, слабый гомеостаз плодообразования, низкая аттрагирующая способность плодов, широколистность, длительное непродуктивное цветение к использованию мутантных форм с генетически детерминированным ростом, измененной формой, размером и ориентацией листьев, повышенной засухоустойчивостью, холодостойкостью и, главное, преобладанием в онтогенезе растений репродуктивных процессов. Большое внимание селекционерами уделяется селекции крупноплодных сортов гречихи, с массой 1000 семян 35-40 г. с черной окраской плодовых оболочек. Такие сорта характеризуются крупными цветками и нектарниками, обеспечивающими высокий медосбор с единицы площади посева, выход ядрицы и повышенную устойчивость растений к осыпанию зерна в период уборочной спелости. Селекционная работа по гречихе проводится и по другим важнейшим направлениям – создание красностебельных, красноцветковых форм, которые в надземной вегетативной массе, цветках и плодовых оболочках содержат повышенное количество флавоноидных соединений, идущих на производство ценных фармацевтических препаратов (рутин и кварцетин), а также для получения остродефицитных пищевых красителей.

Одной из главных целей проводимой селекционной работы является создание дружно созревающих, скороспелых, адаптированных к различным условиям сортов гречихи, отвечающих требованиям современного производства. Для реализации поставленной цели

решаются следующие задачи: разработка и расширение генетической основы исходного материала путем включения в гибридизацию новых сортов и извлечения из популяционного резерва хозяйственно ценных мутаций; изучение изменчивости селекционно-значимых признаков гречихи; формирование сложно-гибридных популяций по заданным направлениям; совершенствование методов оценки и отбора на устойчивость создаваемого материала к абиотическим стрессам.

Используя различные методы селекции, научными учреждениями и другими организациями за период с 2020 по 2025 годы на государственное испытание переданы новые сорта гречихи: **Даная, Вероника, АА Прима, Волжанка, Миг, Танып, Дезире, Ника, Агата, Волжанка 45** и первый сорт татарсой гречихи **Кураб** (табл. 1).

Таблица 1

Сорта гречихи, переданные на государственное сортоиспытание в 2020-2025 гг.

№ п/п	Сорт	Учреждение – оригинатор	Год передачи	Внесён в Госреестр
1.	Кураб (татарская гречиха)	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2020	2022
2.	Даная	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2021	2024
3	Вероника	ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ	2022	
4	А А Прима	ООО «Актив Агро», Саратов, Жужукин В.И	2022	2025
5.	Волжанка	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	2022	
6.	Миг	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2022	2026
7,	Танып	ФГБНУ «Уфимский ФИЦ РАН»	2022	2025
7.	Дезирэ	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2023	
8.	Ника	ФГБНУ ФИЦ «Красноярский НЦ СО РАН»	2024	
9.	Агата	ФГБНУ ФИЦ «Казанский НЦ РАН», ФГБОУ ВО Казанский ГАУ	2024	
10	Волжанка 45	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	2025	

По результатам государственного сортоиспытания в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию с 2020 по 2025 гг. внесены новые высокоурожайные сорта гречихи – **Пегас, Китавасесоба, Анна, Уссурочка, Диана, Жданка, Даная, Прима, Танып, АА Прима** [2]. Так, сорта Диана и Жданка на некоторых сортоучастках показали максимальную урожайность выше 40 ц/га, а детерминантный сорт Даная в 2023 году в Челябинской области дал урожай 60 центнеров с гектара [3].

Всего в Госреестре селекционных достижений 2025 года 61 сорт гречихи, из них свыше 25% сортов с детерминантным типом роста. Основное преимущество детерминантных сортов – завершённый тип развития побегов, устойчивость к полеганию, дружность созревания, генетический контроль количества соцветий на побегах и их роста. Сочетание детерминантности с мелколистностью, крупностью соцветий, ограниченным ветвлением позволило расширить адаптивный потенциал детерминантных сортов [4].

В Госреестре селекционных достижений 2025 года имеются сорта – долгожители, которые возделываются в производстве более 85 лет: это гречиха Богатырь (1938), Амурская белая (1939), Бурятская местная (1939).

Краткая характеристика основных признаков новых сортов гречихи, внесённых в Госреестр селекционных достижений

Пегас – оригинатор: ООО «ФАГОПИРУМ». Метод выведения: массовый отбор из комбинации Ф-Х/11 х Ф-Х/12. Включён в 2020 г. в Госреестр по Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам. Рекомендован для возделывания в Томской области. Диплоид. Тип роста индетерминантный. Верхушечное соцветие – кисть. Бутоны и цветки розовые.

Максимальная урожайность – 38,2 ц/га, получена в 2017 г. в Омской области. Среднеспелый. Масса 1000 зёрен – 27-32 г. Ценный по качеству.

Китавасесоба – оригинатор: YUGENGAISHA «HOKUSEN. Метод выведения: массовый отбор из Botansoba. Включён в Госреестр в 2020 году по Дальневосточному (12) региону. Предназначен для переработки на муку для производства гречневой лапши соба. В условиях Амурской области не вызревает, рекомендован для возделывания только в Приморском крае. Диплоид. Тип роста индетерминантный. Верхушечное соцветие – щиток. Бутоны и цветки бело-розовые. В условиях Приморского края формирует урожайность 7,9-10,0 ц/га, на уровне стандарта Изумруд. Среднеспелый (в условиях Приморского края), вегетационный период 67-70 дней. Масса 1000 зёрен – 29-33 г. Ценный по качеству.

Анна – оригинатор: ООО «ФАГОПИРУМ» (119361, Г. МОСКВА. Метод выведения: многократный негативный и массовый отбор из комбинации Ф-Х/15 х Ф-Х/16 по признакам габитуса и продуктивности. Включён в Госреестр селекционных достижений РФ в 2021 году по Центральному (3) региону. Рекомендован для возделывания в Брянской и Тульской областях. Диплоид. Тип роста детерминантный. Верхушечное соцветие – кисть средней длины. Бутоны и цветки бело-розовые. Максимальная урожайность – 34,1 ц/га получена в 2020 г. в Тульской области. Среднеспелый. Масса 1000 зёрен – 28-37 г. Ценный по качеству.

Диана – оригинатор: ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Метод выведения: отбор на высокую озернёность из гибридной популяции, полученной с участием сорта Дикуль и популяции с высокой устойчивостью к инбредной депрессии. Включён в Госреестр селекционных достижений в 2021 году по Центральному (3), Центрально-Чернозёмному (5), Средневолжскому (7), Уральскому (9) и Восточно-Сибирскому (11) регионам. Рекомендован для возделывания в Брянской, Тульской, Ульяновской, Курганской областях, Красноярском крае и Республике Хакасия. Диплоид. Тип роста детерминантный. Верхушечное соцветие – кисть, длина короткая – средняя. Бутоны и цветки бело-розовые. Максимальная урожайность – 43,3 ц/га получена в 2020 г. в Красноярском крае. Среднеспелый. Масса 1000 зёрен – 28-38 г. Ценный по качеству.

Уссурочка – оригинатор: ФГБНУ «ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока имени А.К.ЧАЙКИ» (692539, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ). Метод выведения: (Изумруд х Черноплодная) х (Изумруд х Китавасесоба). Включён в Госреестр селекционных достижений в 2021 году по Дальневосточному (12) региону. Рекомендован для возделывания в Амурской области и Приморском крае. Диплоид. Тип роста индетерминантный. Верхушечное соцветие – щиток. Бутоны и цветки бело-розовые. Максимальная урожайность – 22,8 ц/га, получена в 2020 г. в Амурской области. Среднеспелый. В условиях Приморского края вегетационный период – 67-87 дней, созревает в сроки, близкие к сорту Изумруд. В условиях Амурской области вегетационный период – 83-93 дня, созревает на 9-14 дней позже сорта Амурская местная. Масса 1000 зёрен 27-34 г. Ценный по качеству.

Жданка - оригинатор: НИКИТИНА ВЕРА ИВАНОВНА Г. КРАСНОЯРСК. Метод выведения: индивидуальный и семейно-групповой отбор из сложной гибридной популяции длинностолбчатых образцов. Включен в Госреестр селекционных достижений в 2022 году по Восточно-Сибирскому (11) региону. Рекомендован для возделывания в Красноярском крае и республике Хакасия. Диплоид. Тип роста индетерминантный. Верхушечное соцветие – щиток. Бутоны бело-розовые, цветки белые. Максимальная урожайность – 40,3 ц/га получена в 2021 г. в Красноярском крае. Среднеспелый. Масса 1000 зерен 29,4-40,0 г. Технологические и кулинарные показатели высокие.

Даная – оригинатор: ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Метод выведения: Агидель х Д-13. Включен в Госреестр селекционных достижений в 2024 году по Центральному (3), Центрально-Черноземному (5), Северо-Кавказскому (6), Средневолжскому (7), Нижневолжскому (8), Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам. Рекомендован для возделывания в Тульской, Волгоградской, Челябинской, Оренбургской и Томской областях, республике Башкортостан. Диплоид. Тип роста детерминантный. Верхушечное соцветие – кисть средней длины. Бутоны и цветки бело-

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г.
розовые. Максимальная урожайность – 60,4 ц/га получена в 2023 г. в Челябинской области.
Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 26-37 г. Ценный по качеству.

Таныш – оригинатор: ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр.
Включен в Госреестр селекционных достижений в 2025 году по Волго-Вятскому (4),
Средневолжскому (7), Уральскому (9) регионам

Прима – оригинатор: ООО «АктивАгро», Саратов; Жужукин В. И. Внесён в
Госреестр селекционных достижений в 2025 году по Нижневолжскому (8) региону.

В научных учреждениях создан ценный перспективный селекционный материал новых
форм гречихи: имеются ограниченно ветвящиеся, с детерминантным типом роста, с
укороченными нижними междоузлиями, узколистные, с измененным ритмом развития
растений, сокращенной вегетативной и удлинённой генеративной фазами развития, с
высоким содержанием рутина в крупе, повышенным содержанием сахара в нектаре,
крупноплодные, высокоурожайные, с отличными технологическими показателями и
качеством. В таблице 2 приведён рейтинг – топ 10 сортов гречихи – лидеров по объёмам
высева семян в РФ в 2025 году, 70% из них – детерминантные, ценные по качеству сорта
селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур (данные ФГБУ «Россельхозцентра»).

Таблица 2.

Объёмы высева семян гречихи в России (ФГБУ «Россельхозцентр»)

№ п/п	Сорт	Учреждение оригинатор	Год внесения в Госреестр	Регион	Объём высева, тыс.тонн	
					2025 г.	2024 г.
1.	Девятка	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2004	3,5,6,7,9,12	8,0	12,8
2.	Даша	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2018	3,10,11	7,5	10,5
3.	Светлана	ГалеевМ.Б.; ООО «Агрокомпания Л и З», Башкортостан	2008	4,9	3,3	2,6
4.	Дизайн	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2010	10,11	3,0	5,2
5.	Инзерская	ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН; ФГБНУ Алтайский ФНЦ агробиотехнологий	2002	2,4,7,9,10,11	1,5	2,9
6.	Диана	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2021	3,5,7,9,11	1,1	0,8
7.	Яшьлек	ФГБУН ФИЦ «Казанский НЦ РАН»	2017	5,7,8,9,10,11	1,0	1,1
8.	Диалог	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2008	3,4,5,7,9,10	0,9	1,7
9.	Дикуль	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	1999	3,4,5,7,8,10, 11	0,8	3,1
10	Темп	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2019	5,6,9	0,6	1,6

Селекция проса

Просо – многоплановая культура, которую во всём мире активно используют как в
производстве продуктов питания, так и в кормовых целях. Просо вызывает интерес не только
с точки зрения питательного состава, но и чрезвычайной гибкости по отношению к
климатическим и агротехническим условиям выращивания. Именно поэтому ФАО,
продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций, стремится
максимально популяризировать просо как один из наиболее перспективных источников
продуктов питания. Просо характеризуется низким гликемическим индексом и отсутствием
глутена, содержит антиоксиданты, различные виды клетчатки в разных количествах,
которая играет роль в регулировании работы кишечника, а также уровней сахара и липидов в
крови. Сегодня на фоне внешнеэкономических потрясений экспортный потенциал проса
растёт. Важно, что в России просо не облагается экспортной вывозной пошлиной, в отличие
от многих других культур. В последние шесть лет площади под просом не превышали 451

тыс. гектаров – максимум, достигнутый в 2020 году. Под урожай 2025 года они были значительно меньше – 298 тыс. гектаров. (Данные аналитической компании «ПроЗерно»). Интересно, что среди зерновых просо стало единственной культурой, цены на которую за год не только не снизились, а даже выросли. По данным Росстата, в сентябре 2023 года тонна проса стоила 14 191 рубль, что на 33% больше, чем в сентябре 2022-го (10 645 рублей за тонну). В основном площади под этой культурой расположены в Центральном, Южном, Приволжском, Северо-Кавказском и Сибирском федеральных округах. Но стоит заметить, что просо преимущественно возделывают не сельскохозяйственные организации, а К(Ф)Х и ИП. То есть его выращиванием в нашей стране, в основном, занимаются малые формы хозяйствования. По этой причине наблюдаются проблемы с качественными семенами высокопродуктивных гибридов и сельхозтехники.

Удивительно, но при сравнительно небольших объёмах производства проса Россия находит возможность отправлять часть урожая этой культуры в другие страны. Например, в 2021 году экспорт проса из России составил 63,4 тыс. тонн, что на 45,1% больше, чем в 2020-м. Прирост экспортных поставок более чем в 30 стран мира продолжился и в 2023 году. Крупные партии – от тысячи тонн и выше – идут из России в 11 стран мира.

Объёмы экспорта проса из России обусловлены несколькими факторами, среди которых определяющими являются высокий спрос, небольшая конкуренция и хороший курс валют. Так что незаслуженно забытая культура, безусловно, представляет собой сегодня большой интерес для продовольственной безопасности всего мира.

Селекционную работу по просу в России проводят следующие научные центры и организации: ФНЦ ЗБК, ФАНЦ Юго-Востока, Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева, ФНЦ биологических систем и агробиотехнологий РАН (Оренбург), ФНЦ «Кабардино-Балкарский НЦ РАН», Федеральный Алтайский НЦ агробиотехнологий, Казанский НЦ РАН, Поволжский НИИСС им. П.Н.Константинова, Нижнее-Волжский НИИССХ, РНИПТИ сорго и кукурузы, ФГБОУ ВО Саратовский ГУ генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И.Вавилова, ООО «АктивАгро» (Саратов), ООО НПФ «Селекционер Дона» (Ростов), ООО ОВП «Покровское» (Саратов).

Селекционная работа по просу направлена на создание новых крупнозёрных высокопродуктивных сортов с коротким периодом вегетации, устойчивых к основным заболеваниям. Для основных регионов прососеяния – Нижневолжского, Средневолжского, Центрально-Чернозёмного создание сортов с генетически обусловленной защитой от наиболее вредоносного вредителя – головни имеет важное значение. Практически для всех регионов актуальна проблема повышения крупности зерна, особенно для обеспечения технологического отделения семян культурного проса от сорнополевого. Из всех признаков, вносящих вклад в продуктивность проса, наиболее удобный для использования в селекции – масса 1000 зёрен. Повышенная крупность семян является не только важным элементом структуры урожая, но и носителем ряда других положительных свойств. Так, крупнозёрные сорта характеризуются более высокими технологическими качествами, имеют, как правило, интенсивный начальный рост и более быстрое формирование ассимиляционного аппарата. Крупносемянные сорта выдерживают увеличенную глубину заделки семян в почву, что обеспечивает получение дружных всходов даже в засушливые годы.

Одним из направлений повышения стабильности урожайности проса является создание мультилинейных сортов, устойчивых к абиотическим стрессам и патогенам. Первый среднеспелый, ценный по качеству мультилинейный сорт проса Квартет создан учёными ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, внесён в Госреестр селекционных достижений в 2001 году по Центральному и Центрально-Чернозёмному регионам [5].

Для расширения генофонда культуры по отдельным селекционно- ценным признакам наряду с известными способами получения мутаций и рекомбинаций используются новые методы, в том числе с применением биоинженерных технологий.

Для более полной реализации потенциала проса ведётся создание исходного материала и сортов разных биотипов, различающихся по срокам созревания,

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г. физиологии развития, использованию элементов питания и реакции на погодные условия. В работе на количественные признаки и повышение потенциала продуктивности растений, качество получаемой продукции и других, за основу взят метод сложной ступенчатой гибридизации при эволюционном подходе в формировании селекционного материала с преимущественным использованием местного или эколого-географически близкого исходного материала.

При селекции на устойчивость к головне работа продолжается по приданию расоспецифической устойчивости к патогенам с использованием неидентичных эффективных генов. На ближайшую перспективу создан ценный селекционный материал с сочетанием важнейших признаков и свойств, в конкурсном испытании изучаются лучшие образцы. В основных зонах возделывания проса посевного в России (Нижнее и Среднее Поволжье, Центральное Черноземье, Южный Урал, южная часть Западной Сибири и др.) помимо головни наиболее вредоносной болезнью проса является меланоз – подплёночное поражение зерна бактериально-грибковой факультативно-патогенной инфекцией. Установлены многочисленные факторы, усиливающие или, наоборот, ослабляющие вредоносность болезни со сложной и изменчивой этиологией. Особенность проявления болезни и, соответственно, селекции на устойчивость к ней заключается в том, что признак имеет полигенную природу и все возделываемые сорта проса посевного в разной степени восприимчивы к меланозу. Применение пестицидов не снижает его вредоносность. По этой причине выведение сортов проса с минимальной восприимчивостью к меланозу – наиболее эффективный метод защиты урожая зерна от патогенной инфекции. Поэтому, селекция проса на повышение устойчивости к меланозу по прежнему остаётся одним из важных направлений и включает ряд сложных и нерешённых проблем.

На всех этапах селекционного процесса в учреждениях создан перспективный селекционный материал. Генофонд проса располагает крупнозёрными гибридами, скороспелыми, тонкоплёночными, с высоким качеством пшена. Улучшение качества продукции новых сортов – одно из ведущих направлений современной селекции проса.

За отчетный период на государственное испытание переданы 16 новых сортов проса, отличающиеся крупнозерностью, пластичностью, засухоустойчивостью, высокими технологическими качествами пшена и устойчивостью к меланозу, повышенным потенциалом продуктивности: **Саратовское 15, Сардар, Апполон, Атлет, Аргумент, Памяти Котляра, Памяти Красавина, Шхельда, Жданка, Диана, Иволга, Саратовское 25, Меланья, Кремдар, Сармон, Виктория** (табл. 3).

Таблица 3

Сорта проса, переданные на государственное сортоиспытание в 2020-2025 гг.

№ п/п	Сорт	Учреждение –оригинатор	Год передачи	Внесён в Госреестр
1.	Саратовское 15	ФАНЦ Юго-Востока	2020	2023
2.	Сардар	ФАНЦ Юго-Востока	2020	2023
3	Апполон	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	2020	2023
4	Атлет	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2020	2023
5.	Аргумент	ООО ОВП «Покровское», Саратовский ГУ им. Н.И. Вавилова	2021	
6.	Памяти Котляра	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2021	2024
7,	Памяти Красавина	ФГБНУ ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН	2021	2024
7.	Шхельда	ФГБНУ ФНЦ Кабардино-Балкарский НЦ РАН	2021	
8.	Диана	ФГБНУ ФНЦ агроэкологии, комплексных механизаций и защитного лесоразведения РАН	2023	

Продолжение табл. 3

9.	Иволга	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН	2023	
10	Меланья	ФГБНУ ФНЦ агроэкологии, комплексных механизаций и защитного лесоразведения РАН (Волгоград)	2023	
11.	Кремдар	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН	2024	
12.	Саратовское 25	ФАНЦ Юго-Востока	2024	
13.	Сармон	ФАНЦ Юго-Востока	2024	
14.	Виктория	ФГБНУ ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН	2024	

Госреестр в 1948 году. Ни один сорт проса посевного не завозят в Россию из-за рубежа.

Таблица 4

Сорта проса, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2020-2025 гг.

№ п/п	Сорт	Год допуска	Регион	Учреждение - оригинатор	Признаки
1.	Сарбин	2020	8	ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока	Среднеранний
2	Барнаульское 18	2021	10	ФГБНУ Алтайский ФНЦ агробiotехнологий	Среднеспелый
3.	Дисконт	2022	9	ООО «Актив Агро», (Саратов), Жужукин В.И	Среднеспелый
4.	Альбинос	2022	9	ООО ОВП «Покровское», Саратовский ГУ им. Н.И. Вавилова	Позднеспелый
5.	Золотая Нива	2022	6,8,9	ООО «Актив Агро», (Саратов), Жужукин В.И.	Среднеспелый
6.	Атлет	2023	5,6,7,10	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Среднеспелый
7.	Саратовское 15	2023	9	ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока	Среднеспелый
8	Сардар	2023	5,7	ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока	Среднеспелый
9.	Апполон	2023	5,6,9,10	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	Среднеспелый
10	Памяти Котляра	2024	5,6,7,10	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Позднеспелый
11	Памяти Красавина	2024	9	ФГБНУ ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН, (Оренбург)	Среднеспелый

Краткая характеристика новых сортов проса, внесённых в Госреестр селекционных достижений

Альбинос – оригинатор: ООО ОВП «Покровское»; ФГБОУ ВО Саратовский ГУ генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова. Происхождение: отбор из смеси семян сортообразцов коллекции ВИР. Включен в Госреестр в 2022 году по

Уральскому (9) региону. Рекомендован для возделывания в Оренбургской области. Разновидность альбум. Метелка слабопонижающая, средней длины, сжатая, веточки относительно главной оси отходят в нижней части. Зерно овальное, белое. Максимальная урожайность (36,1 ц/га) получена в 2021 г. в Челябинской области. Среднепоздний, вегетационный период – 68-113 дней. Масса 1000 зерен – 5,7-7,3 г. Технологические и кулинарные показатели хорошие.

Апполон – оригинатор: ФГБНУ «Российский НИИПТИ сорго и кукурузы». Родословная: отбор из местной популяции. Включен в 2023 году в Госреестр по Центрально-Черноземному (5), Северо-Кавказскому (6), Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам. Рекомендован к возделыванию в Ставропольском крае, Республике Башкортостан, Оренбургской и Омской областях. Разновидность ауреум. Метелка среднепонижающая, длинная, сжатая, веточки относительно главной оси отходят в нижней части. Зерно овальное, светло-кремовое или бледно-желтое. Максимальная урожайность (64,5 ц/га) получена в 2021 г. в Ставропольском крае. Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 6,5-9,5 г.

Атлет – оригинатор: ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Родословная: Казачье х Альба. Включен в 2023 году в Госреестр по Центрально-Черноземному (5), Северо-Кавказскому (6), Средневолжскому (7) и Западно-Сибирскому (10) регионам. Рекомендован к выращиванию в Ставропольском крае, Республике Мордовия, Пензенской, Самарской и Ульяновской областях. Разновидность флявум. Метелка слабопонижающая, средней длины, развесистая, веточки относительно главной оси раскинуты в нижней части. Зерно овальное, светло-кремовое или бледно-желтое. Максимальная урожайность 68,9 ц/га получена в 2021 г. в Ставропольском крае. Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 6,8-10,8 г. По данным заявителя, обладает устойчивостью к расам головни 8 6А.

Барнаульское 18 – оригинатор ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АЛТАЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ». Родословная: Саратовское 10 х Барнаульское 98. Включён в 2021 году в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону. Рекомендован для возделывания в Алтайском крае, Новосибирской и Омской областях для зерноукосного использования. Разновидность сангвинеум. Время вымётывания среднее. Метёлка среднепонижающая, средней длины, сжатая, веточки относительно главной оси прижаты. Зерно овальное, красное. Максимальная урожайность зерна – 24,4 ц/га, получена в 2020 г. в Омской области; сухого вещества – 34,4 ц/га, получена в 2019 г. в Омской области. Среднеспелый, вегетационный период – 85-107 дней, от всходов до уборки на зеленую массу 46-66 дней. Масса 1000 зёрен – 7,4-9,2 г. Технологические и кулинарные показатели отличные. Ценный по качеству. Устойчив к пыльной головне.

Дисконт – оригинатор: ООО «АКТИВ АГРО» (Саратов); ЖУЖУКИН ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ. Родословная: (Саратовское 3 х Мироновское 94) х (Саратовское 10 х Ильиновское). Включен в 2022 году в Госреестр по Уральскому (9) региону. Рекомендован для возделывания в Оренбургской области. Разновидность сангвинеум. Метелка среднепонижающая, длинная, сжатая, веточки относительно главной оси отходят в нижней части. Зерно округлое, светло-красное. Максимальная урожайность 38,4 ц/га получена в 2021 г. в Челябинской области. Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 6,4-8,2 г.

Золотая нива – оригинатор: ООО «АКТИВ АГРО» (Саратов); ЖУЖУКИН ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ. Включен в 2022 году в Госреестр по Северо-Кавказскому (6), Нижневолжскому (8) и Уральскому (9) регионам. Рекомендуется для возделывания в Ставропольском крае, Саратовской и Оренбургской областях. Разновидность ауреум. Метелка среднепонижающая, длинная, сжатая, веточки относительно главной оси отходят в нижней части. Зерно овальное, светло-кремовое или бледно-желтое. Максимальная урожайность (60,6 ц/га) получена в 2021 г. в Ставропольском крае. Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 6,7-8,6 г

Памяти Котляра – оригинатор: ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Родословная: Казачье х Альба. Включен в 2024 году в Госреестр по Центрально-Черноземному (5), Северо-Кавказскому (6), Средневолжскому (7) и Западно-Сибирскому

(10) регионам. Рекомендован для выращивания в Ставропольском крае, Пензенской и Ульяновской областях. Разновидность сангвинеум. Метелка слабопонижающая, средней длины, сжатая, веточки прижаты к главной оси. Зерно овальное, красное. Максимальная урожайность 62,8 ц/га получена в 2023 г. в Белгородской области. Среднепоздний. Масса 1000 зерен – 7,5-10,5 г. Восприимчив к головне.

Памяти Красавина – оригинатор: ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН» (Оренбург). Родословная: Долинское 111 х Оренбургское 9. Включен в 2024 году в Госреестр по Уральскому (9) региону. Рекомендован для возделывания в Оренбургской области и Республике Башкортостан. Разновидность сангвинеум. Метелка среднепонижающая, короткая, сжатая, веточки прижаты к главной оси. Зерно округлое, красное. Максимальная урожайность 31,7 ц/га получена в 2022 г. в Оренбургской области. Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 5,8-9,1 г. Восприимчив к головне.

Саратовское 15 – оригинатор: ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока. Родословная: Сангвинеум (У-2) 187-10 х Сангвинеум (У-1,4) 2497/4-10. Включен в Госреестр в 2023 году по Уральскому (9) региону. Рекомендован к выращиванию в Республике Башкортостан, Курганской и Оренбургской областях. Разновидность сангвинеум. Метелка слабопонижающая, средней длины, сжатая, веточки относительно главной оси отходят в нижней части. Зерно округлое, красное. Максимальная урожайность 32,2 ц/га получена в 2022 г. в Оренбургской области. Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 7,1-9,2 г. По данным заявителя, обладает комплексной устойчивостью к 15 расам головни, контролируемой двумя генами (Sp 1,4), кроме рас 3 и 12.

Сардар – оригинатор: ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока. Родословная: Ауреум 9-07 х Сангвинеум (У-1,4) 2279/4-07. Включен в 2023 году в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) и Средневолжскому (7) регионам. Разновидность ауреум. Метелка слабопонижающая, средней длины, сжатая, веточки относительно главной оси отходят в нижней части. Зерно округлое, темно-кремовое или темно-желтое. Максимальная урожайность 65,2 ц/га получена в 2021 г. в Белгородской области. Среднеспелый. Масса 1000 зерен – 7,8-11,2 г. По данным заявителя, обладает комплексной устойчивостью к 15 расам головни, контролируемой двумя генами (Sp 1,4), кроме рас 3 и 12.

Сарбин – оригинатор: ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока. Родословная: Субсангвинеум (У-1,3) 327-08 х Ауреум 22-08 (НА). Включён в 2020 году в Госреестр по Нижневолжскому (8) региону. Рекомендуется для возделывания в Правобережной зоне на обыкновенных и южных чернозёмах Волгоградской области. Разновидность субауреум. Метёлка слабопонижающая, средней длины, сжатая, веточки относительно главной оси отходят в нижней части. Зерно округлое, тёмно-кремовое или тёмно-жёлтое. Максимальная урожайность – 36,9 ц/га, получена в 2018 г. в Саратовской области. Среднеранний. Масса 1000 зёрен 7,3-8,9 г. Ценный по качеству. По данным заявителя, устойчив к расам головни 1, 3, 8 и 6А, имеет гены устойчивости Sp 1, 3; устойчив к меланозу.

В таблице 5 приведён рейтинг – топ 10 сортов проса – лидеров по объёмам высева семян в РФ в 2025 году (данные ФГБУ «Россельхозцентра»).

Таким образом, созданные за последние годы в научных учреждениях сорта проса позволяют получать в холодно-умеренном агроклиматическом подпоясе европейской и азиатской частей РФ достаточно высокий урожай. Продолжаются работы по селекции спектра различных сортов проса, сочетающих комплекс хозяйственно ценных признаков с расоспецифической устойчивостью к головне, что в определённой мере позволит расширить ареал возделывания ценной культуры.

Объёмы высева семян проса в России

№ п/п	Сорт	Учреждение оригинатор	Год внесения в Госреестр	Регион	Объём высева, тыс. тонн	
					2025 г.	2024 г.
1.	Саратовское жёлтое	ФАНЦ Юго-Востока	2009	3,5,6,7,8	1,4	1,6
2.	Харьковская 57	ООО НПФ «Селекционер Дона»	1987	6	1,3	0,3
3.	Саратовское 10	ФАНЦ Юго-Востока	1999	5,7,8,9,10	1,2	1,0
4.	Золотистое	ФНЦ Юго-Востока»	2001	10,11	1,2	1,2
5.	Саратовское 12	ФНЦ Юго-Востока»	2005	5,6,8,9,11	0,23	0,5
6.	Ярлык	ООО ОВП Покровское, РНИПТИ сорго и кукурузы	2015	9	0,14	0,1
7.	Крестьянка	Поволжский НИИСС им. П.Н. Константинова	1994	5,7,8,9,10, 11	0,12	0,09
8.	Золотая Орда	ООО ОВП Покровское, РНИПТИ сорго и кукурузы	2014	6,7,8,9	0,11	0,13
9.	Камышинское 98	ФНЦ агроэкологии, комплексн. механ, и защиты лесоразведения РАН	2001	8	0,09	0,12
10	Россиянка	Поволжский НИИСС им. П.Н. Константинова	2011	5,7	0,08	0,1

Заключение

В результате выполнения селекционных заданий по гречихе и просу создано и передано на государственное сортоиспытание 27 новых сортов. По результатам государственного сортоиспытания в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в производство, внесены 21 новый сорт. Одним из важнейших факторов увеличения урожайности и стабилизации производства крупяных культур в России является не только создание новых сортов, но и ускоренное их использование в конкретных природно-климатических условиях регионов, разработка эффективной системы семеноводства и технологий их возделывания. В этой связи целесообразно разработать и основные параметры системы управления вегетацией растений, которая позволит регулировать ростовые процессы, увеличить не только валовые сборы зерна, но и получить экологически чистую продукцию, спрос на которую растёт как в России, так и за рубежом.

Литература

1. Зотиков В.И. Инновационные достижения в селекции зернобобовых и крупяных культур. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №2(10). – С.3-5.
2. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2024. – 620 с.
3. Характеристика сельскохозяйственных растений, впервые внесённых в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных, допущенных к использованию. Официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2024. – 417 с.
4. Фесенко А.Н., Мартыненко Г.Е., Фесенко Н.В., Мазалов В.И. Детерминантные сорта гречихи нового поколения. //Земледелие. – 2012. – №5. – С. 9-12.

5. Сидоренко В.С., Бобков С.В., Котляр А.И., Гуринович С.О., Старикова Ж.В. Ареал проса посевного в России. // *Земледелие*. – 2012. – №5. – С. 9-12.

References

1. Zotikov V.I. Innovative achievements in the breeding of grain legumes and cereal crops. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, no.2(10), pp.3-5.
2. State Register of Varieties and Hybrids of Agricultural Plants Approved for Use: Official Publication. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2024, 620 p.
3. Characteristics of agricultural plants first entered into the State Register of Agricultural Varieties and Hybrids Approved for Use. Official publication. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2024, 417 p.
4. Fesenko A.N., Martynenko G.E., Fesenko N.V., Mazalov V.I. Determinate varieties of buckwheat of new generation. *Zemledelie*. 2012, no.5, pp. 9-12.
5. Sidorenko V.S., Bobkov S.V., Kotlyar A.I., Gurinovich S.O., Starikova Zh.V. The area of millet in Russia. *Zemledelie*. 2012, no.5, pp. 9-12.

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО: ОЦЕНКА ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

И.Ю. КУЗНЕЦОВ, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0002-7849-5897, E-mail: kuznecov_igor74@mail.ru

А.М. ДМИТРИЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0003-1596-7372, E-mail: dmitriev-bgau@mail.ru

Ф.Ф. АВСАХОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0003-3929-1637, E-mail: firdavis.avsakhov@mail.ru

Р.Р. АЛИМГАФАРОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: rail.alimgafarov@mail.ru

Н.Ю. РОДИОНОВ, аспирант, E-mail: hpfire@yandex.ru

БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, Г. УФА

Аннотация. Горох посевной (*Pisum sativum* L.) является ценной зернобобовой культурой, однако имеет недостатки в виде невысокого адаптивного потенциала. Целью исследования являлось изучение экологической пластичности и стабильности коллекционных сортов гороха посевного в условиях Республики Башкортостан. Объектом изучения были 11 сортов гороха посевного отечественной и зарубежной селекции. В качестве стандарта использовался сорт Памяти Хангильдина. Опыты проводили в 2021-2024 гг. на полях учебно-научного центра Башкирского ГАУ. Расчет (по методике S.A. Eberhart and V.A. Rusell, 1981) показал, что наиболее благоприятным для возделывания гороха посевного был 2023 г. (с индексом среды 0,51). Вычисление коэффициента линейной регрессии (b_i) показало, что большей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий среды обладали сорта: Памяти Хангильдина (St), Мелкосемянный 2, К-5962 (Португалия), И 0141092 (Тюмень) и Норд. Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сорт И 0141092 (Тюмень) имеющий $b_i = 4,4$. Наиболее стрессоустойчивым в опыте был сорт К-8718 (Англия) с показателем (-0,56). Выявлено, что наиболее стабильными сортами по классификации (P.A. Удачин, 1990) являются Transcovcasicum с коэффициентом 73,8%, К-8718 (Англия) – 85,5%, Аксайский усатый 55-66,4% и Чимшинский ранний – 61,38%.

Ключевые слова: горох посевной, селекция, экологическая пластичность, стабильность сорта, генетическая гибкость, индекс среды.

Для цитирования: Кузнецов И.Ю., Дмитриев А.М., Авсахов Ф.Ф., Алимгафаров Р.Р., Родионов Н.Ю. Адаптивный потенциал коллекционных сортов гороха посевного: оценка пластичности и стабильности в условиях Республики Башкортостан. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):17-26 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-17-26

ADAPTIVE POTENTIAL OF COLLECTION SAMPLES OF FIELD PEA: ASSESSMENT OF PLASTICITY AND STABILITY IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

I.Yu. Kuznetsov, A.M. Dmitriev, F.F. Avsakhov, R.R. Alimgafarov, N.Yu. Rodionov

BASHKIR STATE AGRARIAN UNIVERSITY, Ufa

Abstract: Field pea (*Pisum sativum* L.) is a valuable grain legume crop, but has disadvantages in the form of low adaptive potential. The aim of the study was to investigate the

ecological plasticity and stability of collection samples of field pea in the conditions of the Republic of Bashkortostan. The object of study was 11 collection samples and lines of field peas of domestic and foreign breeding. The Hangildin Memory variety was used as the standard. The experiments were conducted in 2021-2024 on the fields of the Bashkir State Agrarian University Educational and Scientific Center. Calculation (according to the S.A. methodology Eberhart and B.A. Rusell, 1981) showed that 2023 was the most favorable year for the cultivation of seeded peas (with an environment index of 0.51). The calculation of the linear regression coefficient (bi) showed that the cultivars of Hangildina Memory – St., Melkosemyanny 2, K-5962 (Port-Tugalia), and 0141092 (Tyumen) and Nord had greater responsiveness ($bi > 1$) to improving environmental conditions. The highest responsiveness in the experiment was noted by the varietal type I 0141092 (Tyumen) with $bi = 4.4$. The most stress-resistant in the experiment was the varietal type K-8718 (England) with an index of (-0.56). It was revealed that the most stable cultivars according to classification (R.A. Udachin, 1990) are Trancovcasicum with a coefficient of 73.8%, K-8718 (England) - 85.5%, Aksai usatii 55 – 66.4% and Chishminsky early – 61.38%.

Keywords: seed peas, breeding, ecological plasticity, variety stability, genetic flexibility, environment index.

Введение

Основной зернобобовой культурой в условиях Республики Башкортостан является горох посевной, удельный вес которого в структуре посевных площадей в отдельных сельскохозяйственных предприятиях достигает 9%. Однако, урожайность этой культуры резко колеблется по годам [1]. Увеличение удельного веса зернобобовых культур в структуре посевных площадей позволяет снизить затраты на производство кормов и повысить их качество, что непосредственно влияет на увеличение животноводческой продукции [2].

Одной из актуальных проблем в растениеводстве на современном этапе является создание экологически устойчивых сортов (форм средней интенсивности), способных давать пусть невысокую, но стабильную урожайность применительно к любым условиям [3]. На формирование того или иного уровня урожайности в различных природно-климатических условиях существенное влияние оказывается механизмом генотип-средового взаимодействия. Данное взаимодействие выражается в смене рангов продуктивности в наборе, сортов при их испытании в разные годы в одном пункте природно-климатической зоны [4]. Все это формирует новую цель современной селекции гороха посевного – создание высокопродуктивных сортов с устойчивостью к комплексу стрессовых факторов. Создание и внедрение в производство таких сортов обеспечит наиболее полную реализацию их генетического потенциала и, в конечном счете, отразится на росте и стабильности урожайности [5, 6].

Бавровский С.В. и Яловик Л.И. (2023) считают оптимальным сорт с высокой общей адаптивной способностью, обеспечивающей максимальный урожай как в благоприятных, так и в неблагоприятных условиях среды [7]. По мнению Nitika Sandhuhu and others (2019) большинство признаков, необходимых для повышения урожайности в неблагоприятных условиях, чрезвычайно сложны по своей природе. Раскрытие ключевых регуляторов (QTL/генов), связанных с урожайностью зерна и адаптивностью, и объединение генов в генетическом фоне высокоурожайных мега-сортов с использованием маркеров, связанных с признаками, обеспечит продовольственную безопасность в будущем. Современные технологии переработки и другие факторы постоянно повышают требования к создаваемым сортам [8].

В результате сложного взаимодействия «генотип-среда» формируется технология возделывания гороха посевного. Потенциал сортов может реализовываться только в определённых благоприятных условиях среды. Для того чтобы оценить степень влияния изменения условий выращивания на различные морфотипы необходимо провести сравнительный анализ по экологической адаптивности и пластичности, стрессоустойчивости [9]. Общепринятой мерой адаптивного потенциала сорта служит уровень его средней величины признака в различных по времени и месту условиях его возделывания [10, 11]. С процессом эволюционирования и усложнения генотипа гороха ослабевают адаптивные

способности культуры, выражающиеся в показателе устойчивости и селекционной ценности образцов, индексе стабильности, селекционной ценности и увеличивается размах варьирования урожайности [12, 13].

По данным Л.Г. Белявской и др. (2018), в свете современных тенденций селекционной работы, существенная роль при создании новых генотипов зернобобовых культур должна отводиться оценке параметров экологической пластичности и стабильности сорта, что дает представление об его отзывчивости на улучшение или ухудшение условий возделывания. При этом, под экологической пластичностью понимают среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, а под стабильностью – отклонение эмпирических данных в каждом условии среды от этой средней реакции. При оценке сортов акцент целесообразно сделать на стабильности урожая при среднем его уровне с учетом реальных производственных условий [14, 15].

Обзор проведенных исследований по изучению адаптивного потенциала, экологической пластичности и стабильности на горохе посевном показывает высокий интерес к данной проблеме. Возникает необходимость проведения комплексных исследований с имеющимися сортообразцами гороха посевного коллекционного материала Башкирского ГАУ.

Цель исследований – изучение экологической пластичности и стабильности по урожайности одиннадцати сортообразцов гороха посевного в условиях учебно-научного центра Башкирского ГАУ. В задачи исследований входило: проведение расчета экологической пластичности; проведение расчета стрессоустойчивости и генетической гибкости; определение стабильности урожайности гороха посевного; проведение расчета коэффициента интенсивности и степени устойчивости индекса стабильности.

Материалы, представленные в статье, получены в рамках реализации стратегического проекта «Ускоренная селекция и воспроизводство сельскохозяйственных культур с заданными хозяйственно полезными признаками» ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ по программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Материалы и методы

Полевые опыты проводились в 2021-2024 годах на опытных полях учебно-научного центра Башкирского государственного аграрного университета. Опыты закладывались на выщелоченном черноземе тяжелосуглинистого механического состава, с содержанием гумуса – 10,28%, фосфора – 0,18%, азота – 0,45% и калия – 1,18%, рН солевой вытяжки 5,9-6,1. Агротехника в опытах – общепринятая для зоны. Предшественник – чистый пар.

Объект изучения – сортообразцы гороха посевного: Памяти Хангильдина – St., Аксайский усатый 55, Чишминский ранний, И 0141090 (Тюмень), Мелкосемянный 2, Transcaasicum, К-5962 (Португалия), К-8718 (Англия), И 0141092 (Тюмень), К-2786 (Германия), Норд.

Климат Республики Башкортостан характеризуется умеренно-теплым летом и холодной продолжительной зимой. Безморозный период – 97-125 дней. Последние заморозки бывают в начале июня, первые осенние – в конце августа. Годовое количество осадков составляет около 400-500 мм, в том числе в период вегетации – 130-178 мм. Сумма биологически активных температур (выше +10°C) за вегетационный период равна 1815-2209°C. В целом погодные условия за период опытной работы были в определенной степени не благоприятными. Из четырех лет по влагообеспеченности растений гороха посевного острозасушливыми был 2021 г., засушливым – 2022 г., полувлажным – 2023 и 2024 гг.

Посев опытных делянок проводили в оптимальные сроки с площадью питания растений 20x5 см на пятирядковых делянках ручной селекционной сеялкой РС-1. Площадь делянок 10 м², повторность четырехкратная. Уход за посевами – общепринятый для зоны. Опытную работу с горохом посевным проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), математическую обработку результатов исследований – по методике Б.А. Доспехова (2014). Расчеты показателей экологической пластичности и стабильности изучаемых сортообразцов гороха посевного проводились по трем методикам – А.А. Rossielle и J. Hemblin (1981), S.A. Eberhart

Результаты и обсуждение

В селекции растений одной из самых важных и сложных задач является повышение урожайности с сохранением качественных показателей. Это обусловлено тем, что селекция гороха посевного направлена на сочетание в одном генотипе большого количества ценных признаков, таких как количество бобов на растении, количество семян с растения, количество семян в бобе и масса 1000 семян. Показатели урожайности изучаемых сортообразцов гороха посевного представлены в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность сортообразцов гороха посевного, т/га

№	Название сортообразца	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1	Памяти Хангильдина – St.	0,74	0,68	0,91	0,93
2	Аксайский усатый 55	0,52	0,57	0,52	0,44
3	Чишминский ранний	0,62	0,71	0,57	0,57
4	И 0141090 (Тюмень)	0,58	0,62	0,37	0,52
5	Мелкосемянный 2	1,02	0,56	1,12	1,14
6	Trancovcasicum	0,51	0,54	0,61	0,59
7	К-5962 (Португалия)	0,87	1,22	1,41	1,03
8	К-8718 (Англия)	0,29	0,32	0,31	0,35
9	И 0141092 (Тюмень)	0,71	0,66	1,22	0,94
10	К-2786 (Германия)	0,83	0,98	0,69	0,86
11	Норд	0,92	1,37	1,13	1,15
12	НСР ₀₅	0,07	0,09	0,11	0,05

В условиях 2021-2024 гг. изучаемые сортообразцы гороха формировали различную урожайность зерна – от 0,29 т/га до 1,41 т/га. Наиболее высокоурожайными в опыте были растения гороха сортообразца К-5962 (Португалия) и сортообразца Норд, составив соответственно 0,87-1,41 т/га и 0,92-1,37 т/га, превысив стандарт на 17,5-51,6% и 24,3-47,3% соответственно. Хорошие результаты по урожайности зерна обеспечил сортообразец Мелкосемянный 2 (0,66-1,12 т/га). Наименьшие показатели по формированию урожайности зерна гороха в опыте были получены с использованием сортообразца гороха посевного К-8718 (Англия) – 0,29-0,35 т/га.

Под экологической пластичностью понимается приспособленность сорта к различным улучшениям почвенных, погодных и хозяйственных условий. Для расчета экологической пластичности были проведены расчеты средней урожайности по изучаемым сортообразцам, индекса условий среды и коэффициента линейной регрессии (b_i) (табл. 2).

Полученные показатели индекса условий среды (I_j) по методике S.A. Eberhart and В.А. Rusell (2005) указывают на то, что наименее благоприятным годом для возделывания различных сортообразцов гороха посевного был 2021 год ($I_j = - 0,63$), менее благоприятным 2022 год ($I_j = - 0,08$). При отрицательном значении индекса среды сортообразцы не имели достаточных возможностей для демонстрации адаптивного потенциала.

Благоприятным был 2024 год (I_j был положительным и равен 0,19), наиболее благоприятным стал 2023 г. ($I_j = 0,51$).

Расчет экологической пластичности сортообразцов гороха посевного

№	Название сортообразца	Средняя урожайность по сортообразцам, ц/га				$\sum Y_i$	Y_i	b_i
		2021	2022	2023	2024			
1	Памяти Хангильдина – St.	7,41	6,82	9,14	9,26	32,63	8,16	1,83
2	Аксайский усатый 55	5,17	5,73	5,21	4,41	20,52	5,13	-0,23
3	Чишминский ранний	6,22	7,12	5,67	5,73	24,74	6,19	-0,63
4	И 0141090 (Тюмень)	5,84	6,15	3,69	5,24	20,92	5,23	-1,78
5	Мелкосемянный 2	10,21	5,64	11,21	11,4	38,46	9,62	1,54
6	Transovcasicum	5,11	5,42	6,13	5,94	22,6	5,65	0,94
7	К-5962 (Португалия)	8,74	12,15	14,13	10,3	45,32	11,33	4,02
8	К-8718 (Англия)	2,91	3,17	3,14	3,47	12,69	3,17	0,29
9	И 0141092 (Тюмень)	7,11	6,56	12,18	9,4	35,25	8,81	4,40
10	К-2786 (Германия)	8,28	9,81	6,94	8,56	33,59	8,40	-1,07
11	Норд	9,21	13,72	11,34	11,47	45,74	11,44	1,69
	$\sum Y_j$	76,21	82,29	88,78	85,18	332,46	7,56	
	Y_j	6,93	7,48	8,07	7,74			
	I_j	-0,63	-0,08	0,51	0,19			

Примечание: $\sum Y_i$ – сумма урожайности по годам; Y_i – средняя урожайность за годы исследований; I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость погодных условий за данный год исследований); b_i – коэффициент линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания)

С целью определения реакции на улучшение условий среды для каждого сортообразца нами были вычислены коэффициенты линейной регрессии (b_i), показавшие различную экологическую пластичность сортообразцов. Показатель $b_i < 1$ показывает слабую реакцию сортообразца на улучшение условий среды. В группу с данным показателем b_i вошли сортообразцы: Аксайский усатый 55, Чишминский ранний, И 0141090 (Тюмень), К-2786 (Германия). При $b_i = 1$ у сортообразцов имеется полное соответствие условиям выращивания и их изменениям. Этому соответствовал только один сортообразец Transovcasicum. При $b_i = 0$ сортообразцы не реагируют на изменения в среде и к этому показателю в опытах был более близок сортообразец К-8718 (Англия). Чем больше $b_i > 1$, тем большей отзывчивостью на улучшение условий среды обладает изучаемый сортообразец. В группу с данным показателем b_i вошли сортообразцы: Памяти Хангильдина – St., Мелкосемянный 2, К-5962 (Португалия), И 0141092 (Тюмень) и Норд. Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сортообразец И 0141092 (Тюмень) имеющий $b_i = 4,4$.

Показатель степени устойчивости сортообразцов к неблагоприятным факторам среды (стрессоустойчивость) был рассчитан по уравнению А. А. Rosielle, J. Hamblin (1981). Он определяется по интервалу между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Этот показатель имеет отрицательные значения, поэтому меньшая разница между минимальной и максимальной урожайностью и характеризует стрессоустойчивость сорта для различных условий среды. Данные по расчету стрессоустойчивости и генетической гибкости сортообразцов гороха посевного представлены в таблице 3.

**Расчет стрессоустойчивости и генетической гибкости
сортообразцов гороха посевного (2021-2024 гг.)**

№	Название сортообразца	Урожайность, ц/га		Стрессо-устойчивость	Генетическая гибкость
		min	max		
1	Памяти Хангильдина – St.	6,82	9,26	-2,44	8,04
2	Аксайский усатый 55	4,41	5,73	-1,32	5,07
3	Чишминский ранний	5,67	7,12	-1,45	6,395
4	И 0141090 (Тюмень)	3,69	6,15	-2,46	4,92
5	Мелкосемянный 2	5,64	11,4	-5,76	8,52
6	Transovcasicum	5,11	6,13	-1,02	5,62
7	К-5962 (Португалия)	8,74	14,13	-5,39	11,435
8	К-8718 (Англия)	2,91	3,47	-0,56	3,19
9	И 0141092 (Тюмень)	6,56	12,18	-5,62	9,37
10	К-2786 (Германия)	6,94	9,81	-2,87	8,375
11	Норд	9,21	13,72	-4,51	11,465

Из таблицы 3 видно, что наиболее стрессоустойчивым в опыте был сортообразец К-8718 (Англия) с показателем (-0,56). В группу с интервалом от 1 до 2 вошли сортообразцы: Аксайский усатый 55 (-1,32), Чишминский ранний (-1,45) и Transovcasicum (-1,02). Три сортообразца попали в диапазон с показателями от 2 до 3: Памяти Хангильдина – St. (-2,44), И 0141090 (Тюмень) (-2,46) и К-2786 (Германия) (-2,87). Наименее стрессоустойчивыми в опыте стали сортообразцы: К-5962 (Португалия) (-5,76), И 0141092 (Тюмень) (-5,39) и Норд (-4,51).

Генетическая гибкость определяет реакцию сорта на условия выращивания, высокое значение которого определяет степень соответствия между урожайностью сортообразцов и факторами среды (Децына и др., 2020). При расчёте генетической гибкости $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ используют компенсаторную способность, представляющую из себя среднюю урожайность в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях. Наиболее высокие показатели отмечены у сортов гороха посевного Норд – 11,46 и К-5962 (Португалия) – 11,43.

Экологическая стабильность (σ^2) определяется как способность сортообразцов сохранять постоянство признаков при изменяющихся условиях выращивания. Для вычисления показателя стабильности по урожайности нами были рассчитаны данные по теоретической урожайности сортообразцов гороха (табл. 4). По представленной формуле были вычислены теоретические урожаи для каждого сорта в отдельности: $Y_{ij} = x_i + b_i \times I_j$, где x_i – средняя урожайность i-сорта за годы испытаний, ц/га (т.е. значение x_i равно значению Y_i); b_{ij} – произведение коэффициента регрессии i-го сорта на индекс условий среды.

Таблица 4

Теоретическая урожайность сортообразцов гороха посевного, ц/га

№	Название сортообразца	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1	Памяти Хангильдина – St.	7,01	6,68	10,08	9,60
2	Аксайский усатый 55	5,32	5,75	5,09	4,37
3	Чишминский ранний	6,62	7,17	5,34	5,61
4	И 0141090 (Тюмень)	6,95	6,28	2,78	4,91
5	Мелкосемянный 2	9,24	5,52	12,01	11,69
6	Transovcasicum	4,52	5,35	6,61	6,12
7	К-5962 (Португалия)	6,22	11,85	16,20	11,05
8	К-8718 (Англия)	2,73	3,15	3,29	3,52
9	И 0141092 (Тюмень)	4,35	6,23	14,45	10,23
10	К-2786 (Германия)	8,95	9,89	6,39	8,36
11	Норд	8,15	13,59	12,21	11,79

Теоретическая урожайность сортообразцов гороха посевного в опытах составила от 2,73 ц/га до 16,20 ц/га. Наибольшую теоретическую урожайность по годам пользования имели 2 сортообразца – К-5962 (Португалия) и Норд. После проведения расчета значений экологической стабильности (σd^2) изучаемых сортообразцов было выявлено, что наиболее стабильными из них являлись Аксайский усатый 55 и К-8718 (Англия), среднее квадратичное отклонение которых составляет 0,02 и 0,03 соответственно (табл. 5).

Таблица 5

Стабильность урожайности сортообразцов гороха посевного

№	Название сортообразца	Отклонение фактической урожайности от теоретической				$\Sigma \sigma_{ij}^2$	σd^2
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.		
1	Памяти Хангильдина – St.	0,40	0,14	-0,94	-0,34	1,19	0,59
2	Аксайский усатый 55	-0,15	-0,02	0,12	0,04	0,04	0,02
3	Чишминский ранний	-0,40	-0,05	0,33	0,12	0,28	0,14
4	И 0141090 (Тюмень)	-1,11	-0,13	0,91	0,33	2,21	1,10
5	Мелкосемянный 2	0,97	0,12	-0,80	-0,29	1,67	0,84
6	Transcasicum	0,59	0,07	-0,48	-0,18	0,62	0,31
7	К-5962 (Португалия)	2,52	0,30	-2,07	-0,75	11,31	5,65
8	К-8718 (Англия)	0,18	0,02	-0,15	-0,05	0,06	0,03
9	И 0141092 (Тюмень)	2,76	0,33	-2,27	-0,83	13,57	6,79
10	К-2786 (Германия)	-0,67	-0,08	0,55	0,20	0,81	0,40
11	Норд	1,06	0,13	-0,87	-0,32	2,00	1,00

Хорошей генетической гибкостью зарекомендовали себя 3 сортообразца: Чишминский ранний – 0,14, Transcasicum – 0,31 и К-2786 (Германия) – 0,40. Наименьшая генетическая гибкость в опыте отмечена у сортообразцов К-5962 (Португалия) и И 0141092 (Тюмень).

Согласно методике Р.А. Удачина (1990) сорта подразделяются на интенсивные, полунтенсивные и экстенсивные. В основу входит определение коэффициента интенсивности (И), который показывает отклик генотипа на улучшение условий выращивания, чем выше показатель, тем больше пластичность сорта. С целью определения данного коэффициента нами для начала вносились данные по урожайности сортообразцов за выбранный период и вычислялись их средние значения (табл. 6).

Таблица 6

Урожайность сортообразцов гороха посевного и их средние значения, ц/га

№	Название сортообразца	Урожайность сорта, ц/га X				X1	X2	X1 общ	X2 общ	X ср.
		2021	2022	2023	2024					
1	Памяти Хангильдина – St.	7,41	6,82	9,14	9,26	32,63	76,1	332,4	332,4	7,5
2	Аксайский усатый 55	5,17	5,73	5,21	4,41	20,52	82,29			
3	Чишминский ранний	6,22	7,12	5,67	5,73	24,74	88,78			
4	И 0141090 (Тюмень)	5,84	6,15	3,69	5,24	20,92	85,18			
5	Мелкосемянный 2	10,21	5,64	11,21	11,4	38,46				
6	Transcasicum	5,11	5,42	6,13	5,94	22,6				
7	К-5962 (Португалия)	8,74	12,15	14,13	10,3	45,32				
8	К-8718 Англия	2,91	3,17	3,14	3,47	12,69				
9	И 0141092 (Тюмень)	7,11	6,56	12,18	9,4	35,25				
10	К-2786 Германия	8,28	9,81	6,94	8,56	33,59				
11	Норд	9,21	13,72	11,34	11,47	45,74				

Примечание: X1 – урожайность по сортообразцам, X2 – урожайность по годам

В таблице 7 приведены рассчитанные коэффициенты интенсивности и степень устойчивости индекса стабильности сортообразцов гороха посевного. Согласно классификации сортов по степени устойчивости индекса стабильности, сортообразцы можно условно поделить на высокостабильные, стабильные и нестабильные.

Таблица 7

Коэффициент интенсивности и степень устойчивости индекса стабильности сортообразцов гороха посевного

№	Название сортообразца	Коэффициент интенсивности (И), %	Показатель устойчивости индекса стабильности (коэффициент У), %
1	Памяти Хангильдина – St.	32,53	38,05
2	Аксайский усатый 55	17,60	66,40
3	Чишминский ранний	19,33	61,38
4	И 0141090 (Тюмень)	32,80	40,38
5	Мелкосемянный 2	76,80	-31,49
6	Transovcasicum	13,60	73,87
7	К-5962 (Португалия)	71,87	-40,14
8	К-8718 (Англия)	7,47	85,50
9	И 0141092 (Тюмень)	74,93	-53,92
10	К-2786 (Германия)	38,27	26,26
11	Норд	60,13	47,35

Анализ таблицы 7 позволяет отнести к интенсивным сортообразцы Мелкосемянный 2 (76,8%), К-5962 (Португалия) – 71,9%, И 0141092 (Тюмень) – 74,9 и Норд (60,1%). Данные сортообразцы можно рекомендовать в производстве для хозяйств, где поддерживается высокий уровень агрофона, а также для выращивания в природно-климатических зонах, которые отличаются сравнительно благоприятным комплексом абиотических факторов. К полунтенсивным – Памяти Хангильдина – St. (32,5%), И 0141090 (Тюмень) – 32,8% и К-2786 (Германия) – 38,3%. Остальные сортообразцы в опыте характеризуются как экстенсивные. При расчете коэффициента У выявлено, что наиболее стабильными сортообразцами являются Transovcasicum с коэффициентом 73,8 %, К-8718 (Англия) – 85,5%, Аксайский усатый 55 – 66,4% и Чишминский ранний – 61,38%. К нестабильным относятся Памяти Хангильдина (ст) (38,05%), И 0141090 (Тюмень) (40,4%), Норд (47,35%) и К-2786 (Германия) – 26,3%. Данные, полученные по сортообразцам И 0141092 (Тюмень), К-5962 (Португалия) и Мелкосемянный 2, с отрицательными значениями следует считать статистически недостоверными.

Заключение

Таким образом, наиболее благоприятным для возделывания гороха посевного был 2023 г. (с индексом 0,51). Вычисление коэффициента линейной регрессии (b_i) показало, что большей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий среды обладали сортообразцы: Памяти Хангильдина., Мелкосемянный 2, К-5962 (Португалия), И 0141092 (Тюмень) и Норд. Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сортообразец И 0141092 (Тюмень) имеющий $b_i = 4,4$. Наиболее стрессоустойчивым в опыте был сортообразец К-8718 (Англия) с показателем (-0,56). В группу с интервалом от 1 до 2 вошли сортообразцы Аксайский усатый 55 (-1,32), Чишминский ранний (-1,45) и Transovcasicum (-1,02). Наиболее высокие показатели генетической гибкости отмечены у сортов гороха посевного Норд – 11,46 и К-5962 (Португалия) – 11,43. Выявлено, что наиболее стабильными сортообразцами по классификации являются Transovcasicum с коэффициентом 73,8%, К-8718 (Англия) – 85,5%, Аксайский усатый 55 – 66,4% и Чишминский ранний – 61,38%.

Финансирование: исследование выполнено в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»).

Литература

1. Шакирзянова М. Экологическая пластичность и стабильность перспективных линий гороха. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – 16(4). – С. 42-46. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-42-46.
2. Mutation and variability studies in M2 generation of field pea (*Pisum sativum*) under foot hills of Manipur / T. H. Napolian, M. S. Jeberson, M. Kumar, N. B. Singh, K. S. Shashidhar & P. H. R. Sharma. // International Journal of Chemical Studies. – 2019. – Vol. 7 (1). – P. 754-758. DOI: 10.18805/LR-5079.
3. Децина А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности сортов масличного подсолнечника, выведенных во ВНИИМК // Масличные культуры. - 2020. - Выпуск 3 (183). – С. 31-38. DOI: 10.25230/2412–608X–2020–3–183–31–38.
4. Драгавцев В.А., Драгавцева И.А., Ефимова И.Л., Кузнецова А.П., Моренец А.С. К экспериментальному подтверждению гипотезы об эколого-генетической природе феномена «взаимодействие генотипа и окружающей среды» у древесных растений. // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т.53. – № 1. – С. 151-156. DOI: 10.15389/агробиология.2018.1.151.
5. Сапега В.А., Турсумбекова G.Sh Продуктивность и адаптивность сортов гороха в условиях подтайги Северного Зауралья. // Аграрный вестник Урала. - 2023. Т. 23. - № 8. – С. 24-36. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-24-36.
6. Грядунова Н.В., Зотиков В.И., Стебаков В.А., Задорин А.М. Развитие приоритетных направлений научных исследований по селекции зернобобовых культур в России за 2021-2025 годы. Зернобобовые и крупяные культуры. - 2025. - № 4(56). – С.5-21 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-5-21
7. Бавровский С.В., Яловик Л.И. Продуктивный и адаптивный потенциал современных сортов гороха в условиях юга Псковской области. // Молочнохозяйственный вестник. - 2023. - № 3 (51). – С. 22-34. DOI: 10.52231/2225-4269-2023-3-22.
8. Sandhuhu N., Yadaw R., Chaudhary B., Prasai H., Iftekharuddaula K., Venkateshwarlu C., Annamalai A., Xangsayasane P., Battan K., Ram M., Cruz M., Pablico P., Maturan P., Raman K., Catolos M., Kumar A. Evaluating the Performance of Rice Genotypes for Improving Yield and Adaptability Under Direct Seeded Aerobic Cultivation Conditions // Front. Plant Sci. Sec. Plant Breeding. 15 February 2019. Volume 10 – 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00159>.
9. Шурхаева К.Д., Хуснутдинова А.Т., Абросимова Т.Н., Фадеева А.Н. Реализация адаптивного потенциала перспективных образцов гороха. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. – 2023. – Т. 2. - № 2 (6). – С. 21-28. DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-2-21-28.
10. Исмаилова М.М. Адаптивный потенциал сортов гороха посевного в южной зоне РД. // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – № 3 (43). – С. 48-54. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.3.48.
11. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д. Адаптивные свойства сортов гороха селекции Татарского НИИСХ. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №4(40). – С.5-14. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-5-14.
12. Kozhukhova E.V., Baykalova L.P., Savinich E.A. Adaptability of new varieties of seed peas in the Krasnoyarsk forest-steppe // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548 (2020) 042031. Sci. – Published online: 01 September 2020/DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/4/042018>.
13. Лихачёва Л.И., Москалёв А.В. Изучение параметров адаптивности различных морфотипов гороха в условиях Среднего Урала. // Зернобобовые и крупяные культуры - 2023. - № 2 (46). – С. 19-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-19-27.
14. Belyavskaya L.G., Belyavsky Yu.V., Diyanova A.A. Assessment of environmental stability and plasticity of soybean varieties // Legumes and cereal crops. 2018. No. 4. Pp. 42-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.

15. Gainullina K.P., Slinkina A.A. Microsatellite analysis of pea variety samples with contrasting protein content in seeds / *Biomika*, 2024, Vol. 16, No. 2, Pp. 188–194. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2024-10.

References

1. Shakirzyanova M. Ecological plasticity and stability of prospective pea lines. *Vestnik of Kazan state agrarin university*. 2022, no.16(4), pp. 42-46. DOI:10.12737/2073-0462-2022-42-46.
2. Nepolian T. H., Jeberson M. S., Kumar M., Singh N. B., Shashidhar K. S. & Sharma P. H. R. Mutation and variability studies in M2 generation of field pea (*Pisum sativum*) under foot hills of Manipur. *International Journal of Chemical Studies*. 2019, Vol. 7 (1), pp. 754-758. DOI: 10.18805/LR-5079.
3. Decyna A.A., Illarionova I.V., Shcherbinina V.O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oilseed sunflower varieties bred at VNIIMK. *Oilseed crops*. 2020, Issue. 3 (183), pp. 31-38. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-31-38.
4. Dragavtsev V.A., Dragavtseva I.A., Efimova I.L., Kuznetsova A.P., Morenets A.S. Towards experimental confirmation of the hypothesis about the ecological and genetic nature of the phenomenon of "genotype - environment interaction" in woody plants. *Agricultural Biology*. 2018, Vol. 53, no.1, pp. 151–156. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.151.
5. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Productivity and adaptability of pea varieties in the subtaiga conditions of the northern Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023, vol. 23, No. 8, pp. 24–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-24-36.
6. Gryadunova N.V., Zotikov V.I., Stebakov V.A., Zadorin A.M. Development of priority areas of scientific research on the breeding of grain legumes in Russia for 2021-2025. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2025, no. 4(56), pp.5-21, DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-5-21
7. Bavrovsky S.V., Yalovik L.I. Productive and adaptive potential of modern pea varieties in the southern Pskov region. *Dairy farming bulletin*. 2023, no. 3 (51), pp. 22-34. DOI: 10.52231/2225-4269_2023_3_22.
8. Sandhuhu N., Yadaw R., Chaudhary B., Prasai H., Iftekharuddaula K., Venkateshwarlu C., Annamalai A., Xangsayasane P., Battan K., Ram M., Cruz M., Pablico P., Maturan P., Raman K., Catolos M., Kumar A. Evaluating the Performance of Rice Genotypes for Improving Yield and Adaptability Under Direct Seeded Aerobic Cultivation Conditions. *Front. Plant Sci. Sec. Plant Breeding*. 15 February 2019. Volume 10 – 2019. [https://doi.org/ 10.3389/fpls.2019.00159](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00159).
9. Shurkhaeva K.D., Khusnutdinova A.T., Abrosimova T.N., Fadeeva A.N. Realization of the adaptive potential of promising mountain samples. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. *Agricultural sciences*. 2023, Vol. 2, no. 2 (6), pp. 21-28. DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-2-21-28.
10. Ismailova M.M. Adaptive potential of seed pea varieties in the southern zone of the Republic of Dagestan. *Problems of agro-industrial complex development in the region*. 2020, No. 3 (43), pp. 48-54. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.3.48.
11. Fadeeva A.N., Shurkhaeva K.D. Adaptive properties of mountain varieties of the Tatar Research Institute of Agriculture. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, no. 4 (40), pp. 5-14. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-5-14.
12. Kozukhova E.V., Baykalova L.P., Savinich E.A. Adaptability of new varieties of seed peas in the Krasnodar forest-steppe. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 548 (2020) 042031. Sci. – Published online: 01 September 2020/DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/4/042018> .
13. Likhacheva L.I., Moskalev A.V. Study of adaptive parameters of various morphotypes of peas in the conditions of the Middle Urals. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no. 2 (46), pp. 19-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-19-27 .
14. Belyavskaya L.G., Belyavsky Yu.V., Diyanova A.A. Assessment of environmental stability and plasticity of soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018, no. 4, pp. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.
15. Gainullina K.P., Slinkina A.A. Microsatellite analysis of pea variety samples with contrasting protein content in seeds. *Biomika*, 2024, Vol. 16, no. 2, pp. 188–194. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2024-10.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

И.П. ОШЕРГИНА, аспирант, E-mail: egoriha76@mail.ru,

ORCID ID 0000-0002-5131-5091

Е.А. ТЕН, аспирант, E-mail: jekon_t87.07@mail.ru,

ORCID ID 0000-0001-8173-672X

Д.М. ПЕСТОВА, E-mail: Peestov_a@mail.ru,

ORCID ID 0009-0009-3922-6473

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА
ИМ. А.И. БАРАЕВА, КАЗАХСТАН, П. НАУЧНЫЙ.

***Аннотация.** В условиях сухостепной зоны Северного Казахстана в 2023-2025 гг. проведена комплексная селекционная оценка коллекционных образцов гороха (*Pisum sativum* L.) различных морфологических типов с целью выявления генотипов, устойчивых к дефициту влаги и способных обеспечивать стабильную урожайность в условиях климатической нестабильности. Объектом исследований служили усатые и листочковые формы гороха различного эколого-географического происхождения. Опыты заложены на чернозёмах обыкновенных с применением общепринятых методик ВИР и статистической обработки данных.*

В ходе исследований изучены фенологические особенности развития растений, морфологические признаки, элементы структуры урожая и показатели продуктивности. Для оценки засухоустойчивости использован комплекс интегральных индексов (STI, GMP, HM, MP, TOL, SSI, K1SYI, K2SY), а также проведён корреляционный анализ взаимосвязей между урожайностью и индексами устойчивости в стрессовых и благоприятных условиях.

Установлено, что усатый морфотип в среднем характеризуется более укороченным и стабильным вегетационным периодом, меньшей межгодовой вариабельностью признаков и более сбалансированным сочетанием урожайности и засухоустойчивости. Листочковые формы обладают высоким потенциалом продуктивности в благоприятные годы, однако проявляют повышенную чувствительность к водному дефициту. Наиболее информативными показателями при селекционной оценке обоих морфотипов являются индексы HM, GMP и STI, тесно коррелирующие с урожайностью в стрессовых условиях. По совокупности признаков выделены перспективные генотипы Л-26/120, Труженник, Pinocchio и j.C.A/53/54, рекомендованные для использования в селекционных программах, направленных на создание адаптивных сортов гороха для условий сухостепной зоны.

Ключевые слова: горох (*Pisum sativum* L.), засухоустойчивость, продуктивность, селекционная оценка, индексы засухоустойчивости, адаптивность, сухо-степная зона Северного Казахстана.

Для цитирования: Ошергина И.П., Тен Е.А., Пестова Д.М. Оценка коллекционных образцов гороха на засухоустойчивость в условиях Северного Казахстана. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):27-38 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-27-38

EVALUATION OF PEA GERMPLASM FOR DROUGHT TOLERANCE UNDER THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

I.P. Oshergina, E.A. Ten, D.M. Pestova

A. I. BARAEV RESEARCH AND PRODUCTION CENTER OF GRAIN FARMING,
Kazakhstan, poselok Nauchnyi

Abstract: *Under the conditions of the dry-steppe zone of Northern Kazakhstan, a comprehensive breeding evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) germplasm was carried out in 2023-2025 in order to identify genotypes tolerant to water deficit and capable of maintaining stable yield under climatic instability. The objects of the study were tendrill and leafy pea forms of different ecological and geographical origin. Field experiments were conducted on ordinary chernozem soils using standard VIR methodologies and statistical data analysis. During the study, phenological development, morphological traits, yield structure components, and productivity indicators were evaluated. Drought tolerance was assessed using a set of integrated indices (STI, GMP, HM, MP, TOL, SSI, K1SYI, K2SY), and correlation analysis was performed to determine relationships between yield and drought tolerance indices under stress and favorable conditions. The results showed that the tendrill morphotype was generally characterized by a shorter and more stable vegetation period, lower interannual variability of traits, and a more balanced combination of yield and drought tolerance. Leafy forms demonstrated a high productivity potential in favorable years but exhibited increased sensitivity to water deficit. The most informative indices for breeding evaluation of both morphotypes were HM, GMP, and STI, which showed a close correlation with yield under drought conditions. Based on the combined assessment of productivity and drought tolerance, the genotypes L-26/120, Truzhenik, Pinocchio, and j.S.A/53/54 were identified as promising and recommended for use in breeding programs aimed at developing adaptive pea cultivars for dry-steppe environments.*

Keywords: pea (*Pisum sativum* L.); drought tolerance; productivity; breeding evaluation; drought tolerance indices; adaptability; dry-steppe zone of Northern Kazakhstan.

Введение

Современные изменения климата, сопровождающиеся ростом антропогенной нагрузки и демографического давления, приводят к усилению стрессовых воздействий в агроэкосистемах, что снижает их устойчивость и увеличивает риски продовольственной небезопасности [1]. В этих условиях особое значение приобретают сельскохозяйственные культуры, способные обеспечивать стабильное производство растительного белка при ограниченной обеспеченности ресурсами.

Зернобобовые культуры занимают второе место по значимости в структуре мирового потребления после зерновых [2]. В научных публикациях последних лет подчёркивается возрастающая роль бобовых как источника растительного белка, что связано как с трансформацией структуры питания населения, так и с необходимостью повышения его сбалансированности. Увеличение доли зернобобовых культур в рационе рассматривается как экономически оправданный и социально значимый путь оптимизации продовольственного обеспечения при сохранении необходимого уровня белкового питания.

Горох (*Pisum sativum* L.) является одной из наиболее распространённых зернобобовых культур и широко используется как в пищевом, так и в кормовом направлении. Существенным преимуществом культуры является её способность к биологической фиксации атмосферного азота, что позволяет снижать потребность в применении минеральных удобрений. Высокая питательная ценность зерна и сравнительно низкие затраты на возделывание определяют значимость гороха в ресурсосберегающих и экологически ориентированных системах земледелия [3].

В условиях республики Казахстан, особенно в зонах с недостаточным увлажнением, засуха остаётся одним из основных факторов, ограничивающих реализацию продуктивного потенциала зернобобовых культур, включая горох [4]. Климат Северного Казахстана характеризуется высокой межгодовой изменчивостью осадков, повышенной испаряемостью и частым снижением гидротермического коэффициента ниже оптимальных значений ($ГТК < 1,0$) [5]. Дефицит влаги, совпадающий с критическими фазами органогенеза, такими как бутонизация, цветение и формирование бобов, приводит к нарушению физиологических процессов, снижению интенсивности фотосинтеза и нестабильному формированию урожая по годам [6].

Генетическое разнообразие гороха по морфологическим и физиологическим признакам создаёт широкие возможности для отбора генотипов, адаптированных к стрессовым условиям среды. В условиях глобального потепления селекция гороха, ориентированная на повышение засухоустойчивости и стабильности продуктивности, рассматривается как одно из приоритетных направлений современных селекционных программ [7]. В этой связи особую актуальность приобретает комплексная оценка коллекционных образцов гороха с использованием интегральных показателей засухоустойчивости и адаптивности.

Цель работы – выявить генотипы гороха, отличающиеся повышенной засухоустойчивостью и стабильной продуктивностью в почвенно-климатических условиях Северного Казахстана, на основе комплексной оценки коллекционного материала с применением интегральных показателей адаптивности.

Материалы и методы

Полевые исследования проводились в республике Казахстан, Акмолинской области, Шортандинском районе, в поселке Научный, в Товариществе с ограниченной ответственностью «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А. И. Бараева» в 2022-2024 годах. Полевые опыты закладывались по чистому пару. Тип почв опытного участка – чернозёмы обыкновенные.

Проведено изучение 24 образцов гороха разного эколого-географического происхождения, из них 13 генотипов усатого морфологического типа листа и 11 листочкового. Весовая норма высева определялась с учетом лабораторной всхожести по ГОСТ 12038-84 исходя из массы 1000 зерен, определенной по ГОСТ 12042. Норма высева составляла 100 шт/м². Посев гороха был проведен во второй и третьей декаде мая. Семенной материал высеивается селекционной, фракционной, конусной сеялкой точного высева с 7 сошниками (ССФК-7) на делянках площадью 4 м², глубина заделки семян 3-4 см, расстояние между рядами 15 см., в соответствии с Методическими указаниями Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР) [8]. Непосредственно после посева было проведено прикатывание кольчато-шпоровыми катками.

Фенологические наблюдения, учет урожая и анализы растений проводили по методике ГНУ Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова [8]. В период вегетации проводились фенологические наблюдения и визуальная оценка образцов. Для структурного анализа в период созревания, перед уборкой делянок был проведен отбор структурного снопа с учетных площадок, отбирали по 25 растений. Оценка элементов структуры урожая выполнялась на основе Международного классификатора СЭВ рода *Pisum* L. (1990). Уборка опытных делянок была проведена селекционным комбайном Wintersteiger Classic.

По образцам гороха был произведен расчет индексов засухоустойчивости на основе литературных данных:

$$STI \text{ (Stress tolerance index/ индекс засухоустойчивости)} = (Y_p \cdot Y_s) / (\bar{Y}_p^2);$$

$$GMP \text{ (геометрическая средняя урожайность)} = \sqrt{Y_p \cdot Y_s} \text{ [9];}$$

$$HM \text{ (Harmonic mean)} = 2(Y_p \times Y_s) / (Y_p + Y_s) \text{ [10];}$$

$$TOL \text{ (толерантность к засухе)} = Y_p - Y_s; MP \text{ (средняя урожайность)} = (Y_p + Y_s)/2 \text{ [11];}$$

$$YSI \text{ (Yield stability index /Индекс стабильности урожайности)} = Y_s / Y_p \text{ [12];}$$

SSI (Stress susceptibility index/ индекс восприимчивости к стрессу) = $1 - (Y_s/Y_p) / SI$; $SI = 1 - (Y_s/Y_p)$, где SI интенсивность стресса, Y_s и Y_p среднее значение всех генотипов в стрессовых и благоприятных условиях, соответственно [13].

Модифицированный индекс засухоустойчивости (MSTI) рассчитывали в виде коэффициентов K_1STI и K_2STI , отражающих относительную продуктивность генотипов в стрессовых и благоприятных условиях соответственно. Значения индексов определяли по формулам:

$$K_1STI = STI \times (Y_s / \bar{Y}_s);$$

$$K_2STI = STI \times (Y_p / \bar{Y}_p),$$

где Y_s и Y_p – урожайность генотипа в стрессовых и оптимальных условиях, \bar{Y}_s и \bar{Y}_p – средние значения урожайности по всем изучаемым образцам [14].

Математическую обработку результатов измерений проводили с применением статистического пакета Statistica 6.0. Для интерпретации полученных данных использовали метод описательной статистики.

Результаты и обсуждение

Агроклиматические условия периода исследований. Анализ агроклиматических показателей вегетационных периодов 2023-2025 гг. свидетельствует о выраженной межгодовой вариабельности условий увлажнения и температурного режима, определявшей уровень влагообеспеченности посевов гороха (табл. 1).

Таблица 1

Распределение осадков, средняя температура воздуха и ГТК по периодам развития гороха

Месяц	Температура, °С				Осадки, мм				ГТК			
	2023	2024	2025	ср/мн	2023	2024	2025	ср/мн	2023	2024	2025	ср/мн
Май	15,3	11,2	16,2	12,5	2,5	76,9	54,6	32,4	0,0	2,30	1,20	0,0
Июнь	20,0	22,6	19,5	18,3	13,2	63,2	40,0	39,5	0,1	0,92	0,68	0,7
Июль	24,4	21,7	19,4	19,9	6,8	63,3	10,2	57,0	0,0	0,93	0,17	1,0
Август	19,0	17,3	17,0	17,4	12,7	106,6	104,8	39,8	0,2	1,95	1,99	0,8
Среднее/сумма	19,6	18,0	18,03	17,0	35,2	310,0	209,6	168,7	0,0	1,22	1,01	0,8

Наиболее контрастные отклонения от среднемноголетних значений зафиксированы в 2023 и 2024 гг., преимущественно в мае и июле – фазах, критических для формирования генеративных органов и налива семян.

В 2023 г. сложились экстремально засушливые условия: сумма осадков в мае и июле составила соответственно 2,5 и 6,8 мм при повышенных температурах воздуха, что обусловило крайне низкие значения гидротермического коэффициента (ГТК до 0,0). Дефицит влаги в период цветения и формирования бобов существенно ограничивал рост и развитие растений, создавая жёсткий фон для оценки засухоустойчивости генотипов.

В 2024 г. влагообеспеченность отличалась выраженной неравномерностью: при значительном количестве осадков в мае и августе (до 106,6 мм) в июле отмечался острый дефицит влаги (ГТК = 0,17), совпадающий с фазой активного налива семян. Такие условия способствовали формированию высокой потенциальной биомассы, но одновременно усиливали стрессовое воздействие на продуктивность.

В 2025 г. погодные условия были относительно более сбалансированными: умеренный температурный режим и более равномерное распределение осадков обеспечили средний уровень влагообеспеченности посевов (средний ГТК около 0,8). Несмотря на отсутствие экстремальных засушливых периодов, сохранялся умеренный дефицит влаги, характерный для сухостепной зоны Северного Казахстана.

Таким образом, годы исследований охватывали широкий спектр гидротермических условий – от острой засухи до относительно благоприятного увлажнения, что позволило объективно оценить реакцию генотипов гороха на водный дефицит в критические фазы онтогенеза. Полученные данные подчёркивают целесообразность селекции на засухоустойчивость и стабильность урожайности в условиях климатической нестабильности региона.

Фенологическое развитие образцов гороха. Данные таблицы 2 отражают межгодовую динамику продолжительности основных фенологических фаз у образцов гороха различных морфотипов в условиях Северного Казахстана за 2023-2025 гг.

Продолжительность фенологических фаз у образцов гороха различных морфотипов

Генотип	Вегетационный период, суток от всходов до					
	Цветения			Созревания		
	2023 г	2024 г	2025 г	2023 г	2024 г	2025 г
Усатый морфотип						
КАСИБ, St.	39	30	34	71	77	79
Л-26/120	43	39	39	72	84	79
Зеленозерный 1	43	33	34	76	79	78
Л-27/01	42	29	34	72	75	82
Флагман 8	42	39	36	73	86	83
Шустрик	39	30	34	72	75	77
Pinocchio	39	39	37	71	87	80
Девиз	35	32	34	70	75	80
Mino	41	34	35	72	77	81
Труженик	42	40	34	72	87	84
Л-33/01	35	32	32	71	79	72
Орлус	41	34	35	72	77	81
Б-57	40	33	33	72	75	77
СА и ОС, М ± m	40,1±0,7	34,2±1,1	34,7±0,5	72,0±0,4	79,5±1,3	79,5±0,9
КВ V, %	6,64	11,27	5,18	1,96	6,03	3,90
Листочковый морфотип						
Opic, St.	42	34	36	73	81	80
УГ 92-1624	45	40	39	75	84	76
УГ 92-1352	43	33	33	73	73	73
Омский 7	45	32	36	76	76	71
Л-64/83	43	33	34	73	81	70
Л-47/02	42	33	32	73	79	71
Кп326/98	41	39	34	76	87	79
j.C.A/53/54	45	40	35	76	87	72
Норд	38	34	38	71	76	76
Таловец 50	41	40	37	72	88	79
Гаврош	42	41	38	72	88	82
СА и ОС, М ± m	42,5±0,6	36,3±1,1	35,6±0,7	73,6±0,5	81,8±1,6	75,4±1,3
КВ V, %	4,98	10,02	6,31	2,45	6,58	5,58

Установлено, что продолжительность вегетационного периода в значительной степени определялась гидротермическими условиями года и морфологическим типом растений.

В среднем усатые формы характеризовались более коротким периодом от всходов до цветения (40,1 суток в 2023 г., 34,2 суток в 2024 г. и 34,7 суток в 2025 г.) и меньшей межгодовой вариабельностью признака (КВ 5,18-11,27%). Наиболее раннеспелыми и стабильными по данному показателю были образцы Девиз и Л-33/01, тогда как у Л-26/120 и Труженик отмечалось относительное удлинение фазы до цветения. Продолжительность периода до созревания у усатых форм варьировала в пределах 72,0-79,5 суток при низком коэффициенте вариации (1,96-6,03%), что свидетельствует о высокой экологической пластичности данной группы.

Листочковые формы отличались более продолжительным периодом до цветения (42,5 суток в 2023 г., 36,3 суток в 2024 г. и 35,6 суток в 2025 г.) и несколько большей вариабельностью сроков наступления фенологических фаз. Более длительный вегетационный период отмечен у образцов УГ 92-1624, УГ 92-1352, Омский 7 и j.C.A/53/54. В целом листочковый морфотип проявлял более выраженную реакцию на колебания погодных

условий, что подтверждается повышенными значениями коэффициента вариации по сравнению с усатыми формами.

В результате усатые образцы в среднем созревали на 1–3 суток раньше и отличались большей стабильностью фенологического развития, что является важным адаптивным признаком в условиях ограниченной влагообеспеченности.

Морфологические признаки и архитектура растений. Анализ морфологических показателей (табл. 3) выявил отчётливые различия между морфотипами гороха по структуре растения и реакции на условия года.

Таблица 3

Морфологические признаки генотипов гороха

Генотип	Число междоузлий, шт						Высота, см					
	Всего			Продуктивных			Растения			Прикрепления нижнего боба		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Усатый морфотип листа												
КАСИБ, St.	10	11	10	3	4	3	39	98	63	30	50	48
Л-26/120	12	11	12	3	2	7	39	76	89	32	48	49
Зеленозерный 1	9	12	12	3	3	3	33	77	77	27	46	40
Л-27/01	10	10	10	2	5	5	26	96	84	21	65	59
Флагман 8	7	13	14	2	4	4	34	74	75	26	45	52
Шустрик	8	12	10	2	3	5	33	64	49	27	40	30
Pinochio	12	12	12	2	4	7	41	70	63	33	46	37
Девиз	12	12	10	2	4	3	39	78	60	34	46	44
Mino	11	13	10	3	5	4	34	86	87	26	46	54
Труженик	10	12	12	3	5	6	41	63	65	34	46	29
Л-33/01	10	10	13	2	3	5	33	73	69	28	51	45
Орлус	12	16	14	2	3	4	39	51	59	33	32	36
Б-57	10	13	14	3	5	5	41	73	69	33	44	43
СА и ОС, M ± m	10,2 ±0,4	12,1 ±0,4	11,8 ±0,5	2,5 ±0,1	3,8 ±0,3	4,7 ±0,4	36,3 ±1,3	75,3 ±3,6	69,9 ±3,3	29,5 ±1,1	46,5 ±2,0	43,5 ±2,5
КВ V, %	15,5	12,8	13,9	21,1	25,7	29,4	12,4	17,1	17,1	13,7	15,7	20,8
Листочковый морфотип												
Орис, St.	10	12	14	3	3	5	39	82	81	30	47	44
Уг 92-1624	11	17	11	2	4	5	50	104	102	42	67	72
Уг 92-1352	10	13	10	3	4	4	34	87	73	25	47	46
Омский 7	10	16	11	2	5	6	45	99	87	36	53	51
Л-64/83	10	10	11	2	3	3	44	75	60	35	40	38
Л-47/02	10	14	8	2	4	3	33	86	64	27	55	48
Кп326/98	12	10	10	2	3	5	37	71	62	31	45	43
j.C.A/53/54	15	12	11	4	4	6	56	100	86	40	70	61
Норд	10	13	9	3	5	5	46	76	75	37	36	50
Таловец 50	9	12	11	2	6	5	36	79	81	30	52	50
Гаврош	11	13	12	3	5	6	39	91	64	31	78	40
СА и ОС, M ± m	10,7 ±0,5	12,9 ±0,7	10,7 ±0,5	2,5 ±0,2	4,2 ±0,3	4,8 ±0,3	41,7 ±2,2	86,4 ±3,3	75,9 ±3,9	33,1 ±1,6	53,6 ±3,9	49,4 ±2,9
КВ V, %	15,1	16,8	14,5	27,0	23,5	22,4	17,2	12,8	17,2	16,1	24,3	19,8

У усатых форм число междоузлий в среднем составляло 10,2-12,1 шт. при умеренной вариабельности (КВ 12,8-15,5%). Число продуктивных узлов отличалось большей

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г. межгодовой изменчивостью (КВ 21,1-29,4%), увеличиваясь в годы с более благоприятными условиями увлажнения.

Высота растений усатого морфотипа варьировала от 36,3 см в 2023 г. до 75,3 см в 2024 г., что отражает чувствительность признака к водному режиму. При этом высота прикрепления нижнего боба оставалась относительно стабильной (29,5-46,5 см), что имеет важное значение для механизированной уборки.

Листочковые генотипы характеризовались более мощным ростом и, в среднем, более высоким числом междоузлий (до 12,9 шт. в 2024 г.), а также значительно большей высотой растений (41,7–86,4 см). Однако данные признаки сопровождались повышенной вариабельностью и большей зависимостью от условий года. Высота прикрепления нижнего боба у листочковых форм находилась в диапазоне 33,1-53,6 см, демонстрируя умеренную стабильность.

Таким образом, усатый морфотип отличается более компактной архитектурой и стабильными морфологическими характеристиками, тогда как листочковые формы обладают высоким потенциалом вегетативного роста, но в большей степени реагируют на изменение условий среды.

Элементы структуры урожая и продуктивность. Показатели элементов структуры урожая и массы 1000 зёрен (табл. 4) свидетельствуют о значительной дифференциации генотипов по способности формировать продуктивность в различные по условиям годы.

Таблица 4

Показатели элементов структуры урожая и массы 1000 зёрен

Образец	Число с растения, шт.						Масса, г					
	Бобов			Семян с растения			Семян с растения			1000 зёрен		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Усатый морфотип												
КАСИБ, St.	5	10	5	15	30	19	2,6	5,7	3,1	179,8	187,5	174,9
Л-26/120	7	6	13	15	23	54	3,2	4,5	8,6	231,7	195,2	198,12
Зеленозерный 1	5	5	3	13	16	14	2,9	3,0	3,6	225,2	183,5	225,6
Л-27/01	4	10	7	11	38	27	2,2	6,8	4,9	197,5	181,9	185,71
Флагман 8	4	10	4	8	38	16	1,9	8,1	3,3	233,0	216,0	210,13
Шустрик	4	9	6	9	25	20	1,9	4,8	4,7	210,0	196,3	239,8
Pinochio	5	10	7	14	40	29	3,2	7,0	6,1	231,7	172,3	214,69
Девиз	4	9	4	10	28	11	2,1	5,3	3,0	214,2	193,5	217,78
Mino	4	13	6	15	45	29	2,6	9,1	6,7	179,9	201,3	233,33
Труженик	5	10	8	16	27	35	2,8	5,2	5,3	172,5	195,1	185,64
Л-33/01	4	7	6	10	22	28	2,1	3,4	5,8	211,2	151,4	208,2
Орлус	4	5	8	13	18	35	1,8	3,6	5,9	178,3	204,5	180,1
Б-57	4	9	6	13	20	28	3,2	3,7	6,1	213,0	186,7	215,6
Листочковый морфотип												
Орис, St.	5	9	10	15	33	36	2,5	4,0	5,3	169,1	180,8	193,5
Уг 92-1624	3	7	5	8	32	26	1,7	5,7	4,9	220,3	175,8	189,15
Уг 92-1352	5	7	5	11	21	17	2,5	4,8	4,1	235,0	230,6	238,82
Омский 7	3	11	6	8	39	20	2,0	9,0	4,6	236,7	228,8	232,00
Л-64/83	3	6	5	9	23	21	1,9	4,1	3,9	204,2	178,9	185,2
Л-47/02	4	8	4	11	30	20	2,4	7,2	4,2	209,8	236,8	213,78
Кп326/98	4	4	5	12	10	19	2,7	2,3	5,3	231,2	227,0	234,04
j.C.A/53/54	7	8	6	23	28	22	4,4	4,5	4,4	195,3	162,9	194,2
Норд	5	9	8	17	34	30	2,1	3,6	3,9	170,5	185,5	181,6
Таловец 50	4	11	6	8	41	24	1,8	6,4	5,1	224,3	190,5	216,95
Гаврош	6	6	9	18	25	36	3,0	3,7	5,3	168,1	145,9	145,83

Число бобов с растения варьировало от 3 до 13 шт., а число семян – от 8 до 54 шт., что указывает на высокую пластичность данных признаков.

Среди усатых форм наибольшим числом семян с растения отличались Л-26/120 (до 54 шт.), Mino (до 45 шт.) и Pinochio (до 40 шт.), что отражает высокий потенциал индивидуальной продуктивности данных генотипов. В группе листочковых форм

повышенное число семян отмечено у образцов Омский 7, Таловец 50 и Гаврош, преимущественно в годы с более благоприятными условиями увлажнения.

Масса семян с растения характеризовалась высокой межгодовой изменчивостью и изменялась в пределах 1,7–9,1 г. У стандарта КАСИБ данный показатель составлял 2,6–5,7 г. Наиболее высокие значения массы семян с растения зафиксированы у Л-26/120, Мiно и Флагман 8 среди усатых форм, а также у j.C.A/53/54 и Гаврош среди листочковых генотипов.

Масса 1000 зёрен варьировала в более узких пределах (145,8–239,8 г), что указывает на более высокую генетическую обусловленность признака. Крупносемянностью отличались Флагман 8, Шустрик, Мiно и Б-57 среди усатых форм, а также Уг 92-1352, Омский 7 и Кп326/98 среди листочковых генотипов.

В целом, выявленные различия свидетельствуют о наличии в коллекции генотипов с различными стратегиями формирования урожайности, что создаёт предпосылки для целенаправленного подбора родительских форм при межсортной гибридизации и дальнейшего совершенствования сортов гороха, адаптированных к условиям сухостепной зоны.

Оценка генотипов гороха по индексам засухоустойчивости. Анализ значений индексов засухоустойчивости и продуктивности (табл. 5) позволил выявить существенные различия между генотипами гороха, а также особенности реакции усатого и листочкового морфотипов на условия водного дефицита и оптимального увлажнения.

Таблица 5

Значения ключевых показателей сортов и линий гороха, сгруппированных по морфотипу листа

Генотип	Y _s , г/м ²	Y _p , г/м ²	STI	TOL	MP	GMP	HM	SSI	K1SYI	K2SY
Усатый морфотип листа										
КАСИБ, St.	208,7	336,7	0,7	128,0	272,7	265,1	257,7	1,0	1,1	1,0
Л-26/120	259,5	407,8	1,0	148,3	333,7	325,3	317,2	0,9	1,3	1,2
Зеленозерный 1	230,6	261,1	0,6	30,5	245,9	245,4	244,9	0,3	1,2	0,8
Л-27/01	173,8	305,6	0,5	131,8	239,7	230,5	221,6	1,1	0,9	0,9
Флагман 8	149,1	316,1	0,5	167,0	232,6	217,1	202,6	1,3	0,8	1,0
Шустрик	147,8	310,0	0,4	162,2	228,9	214,1	200,2	1,3	0,7	0,9
Pinochio	255,8	348,9	0,9	93,1	302,4	298,8	295,2	0,7	1,3	1,1
Девиз	164,5	365,6	0,6	201,1	265,1	245,2	226,9	1,4	0,8	1,1
Мiно	210,1	256,1	0,5	46,0	233,1	232,0	230,8	0,5	1,1	0,8
Труженик	223,5	385,0	0,8	161,5	304,3	293,3	282,8	1,1	1,1	1,2
Л-33/01	165,6	292,8	0,5	127,2	229,2	220,2	211,6	1,1	0,8	0,9
Орлус	146,1	395,6	0,6	249,5	270,9	240,4	213,4	1,6	0,7	1,2
Б-57	256,6	318,9	0,8	62,3	287,8	286,1	284,4	0,5	1,3	1,0
Листочковый морфотип										
Оpic, St.	202,9	326,8	0,5	123,9	264,9	257,5	250,4	1,4	1,0	0,9
Уг 92-1624	137,4	333,3	0,4	195,9	235,4	214,0	194,6	2,1	0,7	0,9
Уг 92-1352	203,0	372,8	0,6	169,8	287,9	275,1	262,9	1,6	1,0	1,0
Омский 3	160,2	433,9	0,5	273,7	297,1	263,7	234,0	2,3	0,8	1,2
Л-64/83	154,2	456,7	0,5	302,5	305,5	265,4	230,6	2,4	0,8	1,3
Л-47/02	191,4	357,8	0,5	166,4	274,6	261,7	249,4	1,7	1,0	1,0
Кп326/98	214,6	317,2	0,5	102,6	265,9	260,9	256,0	1,2	1,1	0,9
j.C.A/53/54	323,1	337,8	0,8	14,7	330,5	330,4	330,3	0,2	1,7	0,9
Норд	163,8	331,1	0,4	167,3	247,5	232,9	219,2	1,8	0,8	0,9
Таловец 50	143,5	366,7	0,4	223,2	255,1	229,4	206,3	2,2	0,7	1,0
Гаврош	236,6	328,9	0,6	92,3	282,8	279,0	275,2	1,0	1,2	0,9

В группе усатого морфотипа наиболее высокими значениями урожайности как в стрессовых (Ys), так и в благоприятных условиях (Yp) характеризовался генотип Л-26/120 (259,5 и 407,8 г/м² соответственно), что обусловило его лидирующие показатели STI (1,028), MP, GMP и НМ. Это свидетельствует о способности данного генотипа сочетать высокий продуктивный потенциал с устойчивостью к засухе. Сходные характеристики отмечены у сортов Pinocchio и Труженик, для которых также зафиксированы повышенные значения STI (0,867–0,836) и сравнительно низкие показатели индексов стрессочувствительности (SSI).

Генотипы Б-57 и Зеленозёрный 1 демонстрировали умеренную устойчивость к стрессу, характеризуясь относительно сбалансированным соотношением Ys и Yp при средних значениях STI. В то же время у образцов Флагман 8, Шустрик и Л-33/01 отмечены повышенные значения TOL и SSI, что указывает на значительные потери урожайности в условиях засухи и ограничивает их использование в качестве источников устойчивости.

Среди листочковых форм наибольший интерес представляет генотип j.C.A/53/54, обладающий высокими и близкими значениями урожайности в стрессовых и благоприятных условиях (Ys = 323,1; Yp = 337,8 г/м²). Это обусловило максимальные значения интегральных показателей MP, GMP и НМ при крайне низком индексе SSI (0,16), что свидетельствует о высокой стабильности продуктивности и минимальной чувствительности к водному дефициту. Данный генотип может рассматриваться как уникальный источник сочетания высокой урожайности и засухоустойчивости.

Другие листочковые образцы (Омский 7, Л-64/83, Таловец 50) отличались высоким потенциалом урожайности в благоприятных условиях (Yp до 456,7 г/м²), однако их урожайность в стрессовых условиях была существенно ниже, что сопровождалось повышенными значениями TOL и SSI (>2,0). Это указывает на их адаптацию преимущественно к оптимальному водному режиму и высокую чувствительность к засухе.

Анализ коэффициентов K1SYI и K2SY подтвердил выявленные закономерности. Наиболее высокие значения K1SYI (>1,2), отражающие селекционную ценность в стрессовых условиях, отмечены у генотипов Л-26/120, Pinocchio, Труженик и j.C.A/53/54. В то же время у стрессочувствительных форм значения данного показателя были ниже 1,0, что снижает их перспективность для селекции на адаптивность.

В целом результаты анализа таблицы 5 свидетельствуют о чёткой дифференциации генотипов гороха по стратегиям адаптации. Усатый морфотип в среднем характеризуется более сбалансированным сочетанием урожайности и устойчивости к стрессу, тогда как листочковый морфотип включает как высокопродуктивные, но стрессочувствительные формы, так и отдельные генотипы с высокой стабильностью продуктивности. Выделенные образцы Л-26/120, Pinocchio, Труженик и j.C.A/53/54 рекомендуются использовать в качестве перспективного исходного материала при создании сортов гороха, адаптированных к условиям засушливых регионов.

Корреляционные связи показателей продуктивности и индексов засухоустойчивости у генотипов гороха. Анализ корреляционной матрицы (табл. 6) выявил тесные взаимосвязи между урожайностью в стрессовых условиях и интегральными индексами засухоустойчивости у генотипов гороха усатого морфотипа.

Таблица 6

Матрица корреляции усатых генотипов гороха

	Yp	STI	TOL	MP	GMP	HM	SSI	K1SYI	K2SY
Ys	0,096	0,843**	-0,630*	0,709**	0,850**	0,929**	-0,781**	1,000**	0,075
Yp	1	0,607*	0,712**	0,770**	0,602*	0,444	0,529	0,092	1,000**
STI		1	-0,121	0,971**	0,998**	0,980**	-0,327	0,841**	0,590*
TOL			1	0,100	-0,130	-0,309	0,964**	-0,634*	0,726**
MP				1	0,972**	0,910**	-0,126	0,706**	0,756**
GMP					1	0,982**	-0,340	0,848**	0,585*
HM						1	-0,498	0,928**	0,425
SSI							1	-0,783**	0,546
K1SYI								1	0,071

** . Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).
 * . Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Установлено, что урожайность в условиях водного дефицита (Y_s) имеет выраженную положительную корреляцию с индексами GMP ($r = 0,850$; $p < 0,01$), HM ($r = 0,929$; $p < 0,01$), STI ($r = 0,843$; $p < 0,01$) и MP ($r = 0,709$; $p < 0,01$). Это свидетельствует о высокой информативности данных показателей при оценке способности генотипов поддерживать продуктивность в неблагоприятных условиях.

Отрицательные корреляционные связи Y_s с индексами TOL ($r = -0,630$; $p < 0,05$) и SSI ($r = -0,781$; $p < 0,01$) указывают на то, что увеличение потерь урожайности при засухе сопровождается снижением адаптивного потенциала генотипов. Таким образом, данные индексы целесообразно использовать для выявления стрессочувствительных форм и их исключения из дальнейшей селекционной работы.

Урожайность в благоприятных условиях (Y_p) демонстрировала положительную связь с индексами MP, GMP и STI, однако сила корреляций была ниже по сравнению со стрессовыми условиями. Это подчёркивает, что для усатых форм определяющим фактором селекционной ценности является не максимальный потенциал урожайности, а способность сохранять продуктивность при водном дефиците.

Высокая степень согласованности между индексами GMP, HM и STI ($r > 0,97$) свидетельствует об их комплексном характере и отражает схожесть информации, содержащейся в данных показателях. Это позволяет использовать данные индексы как надёжные интегральные критерии отбора генотипов гороха усатого морфотипа на засухоустойчивость и стабильную продуктивность.

В целом результаты корреляционного анализа подтверждают, что для селекции гороха усатого морфотипа в условиях засушливых регионов наибольшую практическую значимость имеют индексы GMP, HM и STI, тогда как индексы TOL и SSI целесообразно использовать в качестве дополнительных критериев для оценки стрессочувствительности генотипов.

Корреляционный анализ показателей продуктивности и индексов засухоустойчивости у листовых генотипов гороха (табл. 7) выявил иную структуру взаимосвязей по сравнению с усатым морфотипом, что отражает особенности их реакции на условия водного дефицита.

Таблица 7

Матрица корреляции листовых генотипов гороха

	Y_p	STI	TOL	MP	GMP	HM	SSI	K1SYI	K2SY
Y_s	-0,391	0,912**	-0,861**	0,644*	0,897**	0,976**	-0,964**	1,000**	-0,396
Y_p	1	0,020	0,805**	0,453	0,048	-0,215	0,615*	-0,382	1,000**
STI		1	-0,576	0,900**	0,997**	0,965**	-0,771**	0,915**	0,014
TOL			1	-0,164	-0,552	0,748**	0,962**	-0,855**	0,808**
MP				1	0,909**	0,766**	-0,423	0,651*	0,448
GMP					1	0,964**	-0,752**	0,901**	0,041
HM						1	-0,892**	0,976**	-0,223
SSI							1	-0,962**	0,619*
K1SYI								1	-0,386

** . Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).
 * . Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Урожайность в стрессовых условиях (Y_s) характеризовалась тесной положительной корреляцией с индексами STI ($r = 0,912$; $p < 0,01$), GMP ($r = 0,897$; $p < 0,01$) и особенно с индексом HM ($r = 0,976$; $p < 0,01$), что подтверждает целесообразность их использования при селекционной оценке. Положительная связь Y_s с MP ($r = 0,644$; $p < 0,05$) также подтверждает значимость интегральных показателей средней урожайности при селекционной оценке.

В то же время выявлены выраженные отрицательные корреляции урожайности в стрессовых условиях с индексами TOL ($r = -0,861$; $p < 0,01$) и SSI ($r = -0,964$; $p < 0,01$), что свидетельствует о высокой чувствительности части листовых генотипов к водному дефициту и значительных потерях урожайности в неблагоприятных условиях.

Урожайность в благоприятных условиях (Y_p) демонстрировала положительную связь с индексами TOL ($r = 0,805$; $p < 0,01$) и SSI ($r = 0,615$; $p < 0,05$), что указывает на тенденцию формирования высокого потенциала урожайности за счёт увеличения разрыва между оптимальными и стрессовыми условиями. При этом слабая или отсутствующая корреляция Y_p с индексами GMP, НМ и STI свидетельствует о том, что высокий уровень потенциальной урожайности не всегда сопровождается высокой адаптивностью листочковых форм.

Высокие коэффициенты корреляции между индексами STI, GMP и НМ ($r > 0,96$) подтверждают их согласованность и возможность использования в качестве комплексных критериев оценки устойчивости и стабильности продуктивности. Индекс K1SYI демонстрировал тесную положительную связь с урожайностью в стрессовых условиях ($r = 1,000$; $p < 0,01$), что позволяет рассматривать его как информативный показатель прямого отбора на засухоустойчивость.

Таким образом, для листочковых генотипов гороха наиболее надёжными индикаторами засухоустойчивости и стабильной продуктивности являются индексы НМ, GMP и STI, тогда как индексы TOL и SSI целесообразно использовать для выявления стрессочувствительных форм. Полученные результаты подчёркивают необходимость комплексного подхода при селекционной оценке листочковых морфотипов гороха в условиях дефицита влаги.

Заключение

В условиях сухостепной зоны Северного Казахстана установлено, что формирование продуктивности гороха в значительной степени определяется дефицитом влаги в критические фазы онтогенеза и морфологическими особенностями генотипов. Усатый морфотип в целом характеризуется более стабильным прохождением фенологических фаз и меньшей межгодовой вариабельностью признаков, что обеспечивает его преимущество в условиях засухи. Листочковые формы обладают более высоким потенциалом продуктивности в благоприятные годы, однако проявляют повышенную чувствительность к водному дефициту. Интегральные индексы засухоустойчивости НМ, GMP и STI показали высокую информативность и тесную связь с урожайностью в стрессовых условиях, что подтверждает целесообразность их использования в селекционной практике. Корреляционный анализ выявил различия в стратегии адаптации между морфотипами гороха, отражающие особенности их реакции на условия увлажнения. По совокупности показателей продуктивности и устойчивости к засухе выделены генотипы Л-26/120, Труженик, Pinocchio и j.C.A/53/54. Указанные образцы могут быть рекомендованы в качестве перспективного исходного материала для селекции сортов гороха, адаптированных к условиям сухостепной зоны Северного Казахстана.

Финансирование: Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по бюджетной программе 267, BR - 22885414 «Создание и внедрение в производство высокопродуктивных сортов зернобобовых культур на основе методов современной биологии, разработка их сортовой технологии и первичного семеноводства».

Литература

1. Erokhin V., Gao T. Impacts of COVID-19 on trade and economic aspects of food security: Evidence from 45 developing countries. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 16. – P. 5775.
2. Joshi P.K., Rao P.P. Global and regional pulse economies: Current trends and outlook [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: <https://ssrn.com/abstract=2813381> (дата обращения: 15.01.2026).
3. Браилова И.С., Филатова И.А., Юрьева Н.И., Белоусова Ю.В. Оценка перспективных сортообразцов гороха по качеству и взаимосвязь биохимических показателей с урожайностью и массой 1000 зерен. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 3 (35). – С. 20-25.
4. Ержебаева Р.С., Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С., Даниярова А.К., Амангелдиева А.А. Поиск источников засухоустойчивости среди новой коллекции сои (*Glycine max*) в условиях юго-востока Казахстана. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – № 3 (31). – С. 63-73.
5. Ошергина И.П., Тен Е.А. Анализ взаимосвязи климатических условий и продуктивности гороха различных морфологических типов. // *Аграрная Россия*. – 2025. – № 3. – С. 33-38.

6. Smýkal P., Vernoud V., Blair M.W., Soukup A., Thompson R.D. The role of phytohormones in pea seed development. // *Frontiers in Plant Science*. – 2020. – Vol. 11. – P. 1232.
7. Molina C., Rotter B., Horres R. и др. SuperSAGE: the drought stress responsive transcriptome of chickpea roots. // *BMC Genomics*. – 2008. – Vol. 9. – P. 553.
8. Вишнякова М.А. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зернобобовых ВИР: пополнение, сохранение, изучение. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ВИР, - 2018. – 145 с.
9. Al-Ashkar I. Multivariate analysis techniques and tolerance indices for detecting bread wheat genotypes of drought tolerance. // *Diversity*. – 2024. – 16:489. <https://doi.org/10.3390/d16080489>
10. Li L., Wang X., Zhang H., et al. Joint transcriptome and metabolome-based analysis of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*. 2025. – 15(4):922.
11. Wen P., et al. Field identification of drought tolerant wheat genotypes using canopy vegetation indices instead of plant physiological and biochemical traits, *Ecological Indicators. Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2023. – 154: 110781. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110781>
12. Yavas I., Kaya M.D., Akcay U.C. Evaluation of three soybean genotypes under drought stress in field conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2024. – 33(3):2461–2471. <https://doi.org/10.15244/pjoes/191005>
13. Wang Z, Lai X, Wang C, Yang H, Liu Z, Fan Z, Li J, Zhang H, Liu M, Zhang Y. Exploring the Drought Tolerant Quantitative Trait Loci in Spring Wheat. *Plants*. 2024. – 13(6):898. <https://doi.org/10.3390/plants13060898>
14. Farshadfar E., Sutka J. Screening drought tolerance criteria in maize. // *Acta Agronomica Hungarica*. – 2002. – Vol. 50. – P. 411–416.

References

1. Erokhin V., Gao T. Impacts of COVID-19 on trade and economic aspects of food security: Evidence from 45 developing countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020, no.17(16), p.5775. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165775>
2. Joshi P.K., Rao P.P. Global and regional pulse economies: Current trends and outlook. *SSRN Electronic Journal*. 2016. Available at: <https://ssrn.com/abstract=2813381>
3. Brailova I.S., Filatova I.A., Yurieva N.I., Belousova Yu.V. Evaluation of promising pea breeding lines by quality traits and relationships of biochemical parameters with yield and 1000-seed weight. *Zernobobovye i Krupyanye Kultury*, 2020, no.3, pp.20–25. (In Russian)
4. Yerzhebayeva R.S., Didorenko S.V., Kudaibergenov M.S., Daniyarova A.K., Amangeldiyeva A.A. Search for drought-tolerant sources among a new soybean (*Glycine max*) collection in south-eastern Kazakhstan. *Zernobobovye i Krupyanye Kultury*. 2019, no.3, pp. 63–73. (In Russian)
5. Oshergina I.P., Ten E.A. Analysis of relationships between climatic conditions and productivity of pea genotypes of different morphological types. *Agrarnaya Rossiya*. 2025, no.3, pp. 33–38. (In Russian)
6. Smýkal P., Vernoud V., Blair M.W., Soukup A., Thompson R.D. The role of phytohormones in pea seed development. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 11:1232. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01232>
7. Molina C., Rotter B., Horres R., et al. SuperSAGE: The drought stress-responsive transcriptome of chickpea roots. *BMC Genomics*. 2008;9:553. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-9-553>
8. Vishnyakova M.A., et al. World collection of legume genetic resources of VIR: enrichment, conservation and evaluation. 2nd ed., Saint Petersburg: VIR; 2018, 145 p. (In Russian)
9. Al-Ashkar I. Multivariate Analysis Techniques and Tolerance Indices for Detecting Bread Wheat Genotypes of Drought Tolerance. *Diversity*. 2024; 16(8):489. <https://doi.org/10.3390/d16080489>
10. Li L., Wang X., Zhang H., et al. Joint transcriptome and metabolome-based analysis of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*. 2025; 15(4):922.
11. Wen P., et al. Field identification of drought tolerant wheat genotypes using canopy vegetation indices instead of plant physiological and biochemical traits, *Ecological Indicators. Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2023; 154: 110781. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110781>
12. Yavas I., Kaya M.D., Akcay U.C. Evaluation of three soybean genotypes under drought stress in field conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2024; 33(3):2461-2471. <https://doi.org/10.15244/pjoes/191005>
13. Wang Z, Lai X, Wang C, Yang H, Liu Z, Fan Z, Li J, Zhang H, Liu M, Zhang Y. Exploring the Drought Tolerant Quantitative Trait Loci in Spring Wheat. *Plants*. 2024; 13(6):898. <https://doi.org/10.3390/plants13060898>
14. Farshadfar E., Sutka J. Screening drought tolerance criteria in maize. *Acta Agronomica Hungarica*. 2002; 50:411-416.

ОЦЕНКА АДАПТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ И МИНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

М.Н. КРИЦКИЙ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0009-0003-7432-987X, E-mail: zbk-izis@yandex.by

А.Г. ВЛАСОВ, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0001-8139-2293,

E-mail: izis-oves@yandex.by, Antogen.vl@mail.ru

В.И. ПАНАРИНА*, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-8038-343X, E-mail: ver1183@yandex.ru

С.О. ГУРИНОВИЧ*, старший научный сотрудник, E-mail: sergur17@mail.ru

С.В. КИРЮХИН*, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0009-0001-6177-4988, E-mail: sergsv2010@mail.ru

РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАН БЕЛАРУСИ ПО ЗЕМЛЕДЕЛИЮ»
*ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В статье приведены результаты агроэкологической оценки сортов сои в почвенно-климатических условиях Орловской и Минской областей в 2024-2025 гг. с целью выделения наиболее адаптивных и стабильных по урожайности зерна для включения в селекционный процесс по этим признакам.*

Оценка проводилась по методике S.A. Eberhart and B.A. Rusell. Установлено, что для оцениваемых сортов сои менее благоприятными оказались почвенно-климатические условия 2025 года опытного участка в Смолевичском районе Минской области ($I_j = -9,0$), наиболее благоприятными – условия сложившиеся в 2025 году на опытном участке в Орловском муниципальном округе, п. Стрелецкий Орловской области ($I_j = 7,1$). Наибольшей экологической пластичностью по урожайности зерна обладали сорта сои Яровит ($b_i = 1,3$) и Оникс 57 ($b_i = 1,1$). По признаку стабильности урожайности зерна выделились сорта сои BLR2021Kit-1 ($\sigma^2 d^2 = 17,5$) и Припятъ ($\sigma^2 d^2 = 22,5$).

Стрессоустойчивость и генетическая гибкость сортов сои рассчитывались по уравнениям A. A. Rosielle и J. Hamblin. Установлено, что наиболее стрессоустойчивыми были сорта Слава (-13,9) и Припятъ (-14,4). Высокие показатели генетической гибкости отмечены у сортов сои Орляя – 28,6, Припятъ – 27,8, и Оникс 57 – 27,7. По показателю фактическая средняя урожайность зерна выделялись сорта Орляя (29,8 ц/га) и Припятъ (29,1 ц/га).

Таким образом, для использования в селекционных программах по созданию сортов сои адаптированных к почвенно-климатическим условиям Орловской и Минской областей наиболее перспективными являются сорта Орляя ($Y_{max} = 29,8$; $(Y_{max} + Y_{min})/2 = 28,6$; $(Y_{min} - Y_{max}) = -17,2$; $b_i = 1$; $\sigma^2 d^2 = 36,1$) и Припятъ ($Y_{max} = 29,1$; $(Y_{max} + Y_{min})/2 = 27,8$; $(Y_{min} - Y_{max}) = -14,4$; $b_i = 0,8$; $\sigma^2 d^2 = 22,5$).

Ключевые слова: соя, сорт, оценка, экологическая пластичность, стабильность, гибкость, стрессоустойчивость, Орловская область, Минская область.

Для цитирования: Крицкий М.Н., Власов А.Г., Панарина В.И., Гуринович С.О., Кирюхин С.В. Оценка адаптивных способностей сортов сои в условиях Орловской и Минской областей. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):39-47 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-39-47

ASSESSMENT OF THE ADAPTIVE ABILITIES OF SOYBEAN VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE OREL AND MINSK REGIONS

Abstract: *The article presents the results of the evaluation of soybean varieties in the agro-climatic conditions of the Orel and Minsk regions in 2024-2025 in order to identify promising ones characterized by ecological plasticity and stable grain yields.*

The assessment was carried out according to the methodology of S.A. Eberhart and B.A. Rusell. The agro-climatic conditions of the 2025 pilot site in Smolevichi district ($I_j = -9.0$) were less favorable for growing the studied set of soybean varieties. The agro-climatic conditions of the 2025 pilot site in the Shatilovsky district of the Orel region are the most favorable ($I_j = 7.1$). Soybean varieties Yarovit ($b_i = 1.3$) and Onyx 57 ($b_i = 1.1$) had the highest ecological plasticity in grain yield, while Courage ($sg\ 22$) ($b_i = 1$) and Orleya ($b_i = 1$) also had the highest plasticity. Soybean varieties BLR2021Kit-1 ($\sigma\ d_2 = 17.5$) and Pripyat ($\sigma\ d_2 = 22.5$) should be considered the most stable in terms of grain yield, while Yarovit ($\sigma\ d_2 = 66.5$) is the most unstable.

The indices of stress resistance and genetic flexibility were calculated according to the equations of A. A. Rosielle and J. Hamblin. Slava (-13.9) and Pripyat (-14.4) varieties were the most stress-resistant among the studied varieties. High rates of genetic flexibility of the variety were noted in soybean varieties Orleya – 28.6, Pripyat– 27.8, and Onyx 57 – 27.7. According to the indicator of the actual average grain yield, the varieties of Orleya (29.8 c/ha) and Pripyat (29.1 c/ha) were distinguished.

For use in breeding programs to create varieties adapted for 2 cultivation regions, the following varieties should be considered the most promising, with high grain yield potential: Orleya ($Y_{max} = 29.8$; $((Y_{max} + Y_{min})/2) = 28.6$; $(Y_{min} - Y_{max}) = -17.2$; $b_i = 1$; $\sigma\ d_2 = 36.1$) and At -five ($Y_{max} = 29.1$; $((Y_{max} + Y_{min})/2) = 27.8$; $(Y_{min} - Y_{max}) = -14.4$; $b_i = 0.8$; $\sigma\ d_2 = 22.5$).

Keywords: soybeans, variety, assessment, ecological plasticity, stability, flexibility, stress resistance, Orlovskaya region, Minskaya region.

Соя как культура играет важную роль в обеспечении продовольствием населения многих стран мира. За последние 60 лет отмечен колоссальный темп прироста посевных площадей сои, ее площади увеличились в 5,7 раза и достигли 137,0-140,0 млн. гектар. Это значительно превышает современные суммарные посевные площади гороха и люпина. На 2025-2026 гг. в мире ожидается валовой сбор соевых бобов в 430 млн. т [1, 2].

Аналогичный рост посевных площадей сои наблюдается и в других странах, в том числе и республике Беларусь. В Российской Федерации за последние 2 года посевные площади сои выросли на 110,2% и составили 4,5 млн. га в 2025 году [3], при этом валовой объём производства соевых бобов достиг 8,96 млн. тонн, что на 29,9% больше, чем в 2024 году [1]. В республике Беларусь в 2024 г. под этой культурой было занято 9,6 тыс. га, а в 2025 г. уже 10,5 тыс. га. (рост – 9,3% к уровню 2025 г.). Расширение посевных площадей и повышение урожайности сои является одной из приоритетных задач в решении комплексного вопроса обеспечения стран белковыми продуктами и кормами.

Приоритетной задачей селекционного процесса является увеличения валовых сборов сои – значительного повышения потенциала зерновой продуктивности создаваемых сортов. Оценка урожайности сортов в различных агроклиматических регионах направлена, в первую очередь, на выявление исходного материала, характеризующегося высокой продуктивностью, пластичностью и стабильностью.

Важно знать насколько эффективно они используют почвенные и климатические ресурсы, отличаются пластичностью и стабильностью, реализуют свой генетический потенциал, реагируют на изменения климатических факторов, стрессовые ситуации возникающие в различные этапы роста и развития растений. Поэтому экологические испытания сортов сельскохозяйственных культур в различных регионах позволяют выявить наиболее адаптивные сорта и гибриды, определить оптимальные районы возделывания (

М.А. Кадыров, С.И. Гриб, Ф.Н. Батуро, 1984; А.А. Жученко, 1999) [4, 5]. Оценка экологической адаптивности, стабильности и пластичности сортов становится актуальной в связи с повышением требований сельхозпроизводителей к использованию в производстве, так как они не всегда в полной мере отвечают требованиям почвенно-климатических условий региона возделывания по этим показателям [6].

Учитывая вышеизложенное, создание новых высокоурожайных сортов сои, характеризующихся повышенной экологической пластичностью и устойчивостью к стрессовым факторам среды, представляет собой приоритетное направление в селекции этой культуры [7, 8, 9, 10, 11].

Исследования проводились в рамках договора о научном сотрудничестве между ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур и РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

Цель исследований – комплексная оценка сортов сои по основным показателям продуктивности в двух различных по природным условиям зонах – Орловской области, Российская Федерация и Минской области, республика Беларусь.

Материалы и методы

Изучение исходного материала сои проводилось в 2024-2025 гг. в двух агроэкологических точках: **1.** Орловский муниципальный округ Орловской области, Российская Федерация, на опытных полях ФГБНУ ФНЦ ЗБК в селекционном севообороте на участке Селекционно-семеноводческого центра сои на широте 52°51'00" с. ш. Предшественник чистый пар. Почва опытного участка темно-серая лесная тяжелосуглинистая с пахотным слоем 28-30 см. Уровень плодородия характеризовался следующими показателями: содержание гумуса – 4,62%, рН_{KCl} – 4,9, содержание подвижных форм питательных веществ на 100 г почвы: P₂O₅ по Кирсанову – 14,5 мг, K₂O по Кирсанову – 11,6 мг. Зяблевая вспашка проводилась в сентябре на глубину 23...25 см. Агротехника – общепринятая для Орловской области. Площадь делянки – 10 м².

2. Смолевичский район Минской области, республика Беларусь, на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на широте 53°40'00" с. ш. Почва опытного поля дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м мореным суглинком, связно-супесчаная: содержание гумуса – 2,1-2,5%; рН_{KCl} – 5,6–6,4; P₂O₅ – 20,0-28,0 мг/100 г. почвы; K₂O – 22,0-29,0 мг/100 г. почвы. Предшественник – овес. Площадь делянки – 3 м².

Проведение полевых опытов и математическую обработку результатов проводили по общепринятой методике по Б. А. Доспехову с помощью программ Excel. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности, проводили по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell. Расчет показателей стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетической гибкости ($(Y_{\max} + Y_{\min})/2$) рассчитывали по уравнениям А.А. Rosielle и J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [12].

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что позволило провести объективную оценку изучаемого материала сои (табл. 1).

Погодные условия 2024 г. в Смолевичском районе Минской области характеризовались повышенными температурами и неравномерностью выпадения осадков. За основную часть весенне-летней вегетации в 2024 г. (первая декада мая-третья декада августа) сумма активных температур превышала норму на 10,8%, а количество атмосферных осадков было ниже ее на 17,1% при неравномерном их выпадении. Погодные условия 2025 года: недостаток тепла и ночные заморозки в мае и сентябре 2025, а также отсутствие осадков в 1 декаде сентября месяца в Смолевичском районе Минской области, республика Беларусь отрицательно повлияли на формирование зерновой продуктивности сои.

В 2024 г. на территории Орловского муниципального округа в течение вегетации растений сои осадки распределялись неравномерно. В мае, в 1-2 декаде июня и в 1 декаде июля их количество было в пределах нормы или выше. В 3 декаде июня (бутонизация), во 2 декаде июля (начало плодообразования) выпало 44,0-64,0% осадков от климатической

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г.
 нормы. В 3 декаду июля и в 1 декаду августа (налив бобов) температура была ниже нормы на 0,7-1,4°C. Погодные условия в 2025 г. характеризовались высоким уровнем температуры в мае, июне и августе в пределах среднемноголетней нормы, а в июле на 3,5°C и сентябре на 2,1°C – выше среднемноголетней нормы. Также отмечалось неравномерное распределение осадков: в мае, июле, сентябре ниже нормы в среднем на 42,0%; в июне и августе выше – в среднем на 94,0%. В августе в период налива бобов избыточная влажность и относительно невысокая температура приостановили развитие плодов и в дальнейшем их созревание.

Таблица 1

Метеорологические условия в период проведения исследований

Год	Месяц						Сумма за период вегетации
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	
Смолевичский район Минской области, республика Беларусь, метеостанция Борисов							
Количество осадков, мм							
2024	17,0	101,4	108,0	30,8	24,8	54,3	336,3
2025	128,6	134,6	139,6	41,6	11,8	63,3	519,5
Среднее многолетнее	62,8	78,0	94,2	75,2	68,2	55,2	433,6
Среднесуточная температура воздуха, °С							
2024	14,9	18,6	20,9	19,7	17,9	7,9	-
2025	10,5	16,1	19,9	16,9	14,9	7,3	-
Среднее многолетнее	13,2	16,9	18,8	17,9	12,4	6,5	-
Орловский муниципальный округ, Орловская область, Российская Федерация							
Количество осадков, мм							
2024	65,9	67,4	79,5	39,2	10,0	114,2	376,2
2025	28,3	120,4	40,0	120,5	14,4	114,0	437,6
Среднее многолетнее	48,0	65,0	87,1	55,0	35,0	56,1	346,2
Среднесуточная температура воздуха, °С							
2024	12,8	19,5	22,2	19,8	19,5	9,0	-
2025	13,5	16,2	21,5	16,9	13,9	7,8	-
Среднее многолетнее	14,2	17,9	19,9	18,5	13,0	6,4	-

Для определения стабильности урожайности вначале вычисляли теоретически возможные урожаи для каждого сорта по формуле:

$$Y_{ij} = y_i + b_i \cdot I_j; \text{ где}$$

y_i – средняя урожайность i -ого сорта за все годы испытания, ц/га;

$b_i \cdot I_j$ – произведение коэффициента регрессии i -ого сорта на индекс условий среды.

Отклонение от фактической урожайности вычисляется по формуле:

$$B_{ij} = Y_{ij} - Y'_{ij};$$

где Y'_{ij} – фактическая урожайность i -ого сорта в j -й среде, ц/га; Y_{ij} – теоретическая урожайность i -ого сорта в j -й среде, ц/га

Стабильность сорта арифметически представляет собой среднеквадратическое отклонение, которое вычисляется по формуле: $B d^2 = \sum B_{ij}^2 / (n-2)$,

где $\sum B_{ij}^2$ – сумма квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической; n – число лет (пунктов) испытания.

Результаты и обсуждение

На величину формирующейся урожайности зерна сортов сои непосредственное влияние оказывали условия среды. При оценке индексов условий среды I_j по методике S.A.

Eberhart and В.А. Rusell выявлено, что менее благоприятными были агроклиматические условия 2025 года опытного участка в Смолевичском районе ($I_j = -9,0$), а наиболее благоприятными – условия 2025 года в Орловском муниципальном округе ($I_j = 7,1$) (табл. 2). В целом необходимо отметить, что погодные условия 2024-2025 гг. Минской области были менее благоприятны для возделывания изучаемых сортов сои, что связано с пониженными температурами воздуха в период роста и дефицитом осадков в период налива зерна и т.д.

В среднем по двум зонам исследований по показателю средняя урожайность зерна выделились сорта Орлея (29,8 ц/га) при колебаниях от 20,0 до 37,2 ц/га и сорт Припять (29,1 ц/га) с вариацией от 20,6 до 35,0 ц/га.

Успешное выращивание сои, культуры весьма чувствительной к внешним факторам, возможно в широком диапазоне почвенно-климатических условий. Для комплексной характеристики адаптационного потенциала и устойчивости генотипов к изменяющимся условиям среды, а также для выявления наиболее перспективных сортов для возделывания, используются два ключевых показателя: коэффициент экологической пластичности (линейной регрессии b_i) и стабильность (дисперсия признака σ^2). Показатель экологической пластичности (b_i) отражает реакцию сортов на улучшение условий возделывания. При его значении равным 1 условия соответствуют требованиям сорта, если же это значение больше 1 – сорт обладает высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания, если же меньше 1 – сорт слабее реагирует на улучшение условий среды.

Таблица 2

Оценка пластичности сортов сои по признаку урожайность зерна (ц/га)

Сорт	Республика Беларусь (Смолевичский район Минской области)		Российская Федерация (Орловский МО Орловской области)		$\sum Y_i$	Y_i	b_i	σ^2
	2024 г	2025 г	2024 г	2025 г				
Оникс 57	22,9	18,7	32,2	36,6	110,4	27,6	1,1	44,9
Яровит	20,8	16,4	35,7	36	108,9	27,2	1,3	65,5
Кураж	26,7	19,3	33,9	34,6	114,5	28,6	1,0	33,6
Слава	24,7	20,1	32,4	34	111,2	27,8	0,9	27,6
Орлея	28,9	20	33,1	37,2	119,2	29,8	1,0	36,1
BLR2021Kit-1	26,3	15,3	22,4	30,1	94,1	23,5	0,7	17,5
Припять	29,7	20,6	31,1	35,0	116,4	29,1	0,8	22,5
$\sum Y_j$	180,0	130,4	220,8	243,5	774,7	-	-	
Y_j	25,7	18,6	31,5	34,8	-	27,7	-	-
I_j	-2,0	-9,0	3,9	7,1	-	-	-	-

Примечание. $\sum Y_i$ – сумма урожайности по годам; Y_i – средняя урожайность за годы исследований; I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость погодных условий за данный год исследований); b_i – коэффициент линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания).

Анализ данного показателя показал, что по урожайности зерна на улучшение почвенно-климатических условий возделывания в большей степени реагировали сорта сои Яровит ($b_i = 1,3$) и Оникс 57 ($b_i = 1,1$). Для сортов Кураж (сг 22) и Орлея этот показатель был равен 1. В тоже время образец BLR2021Kit-1, характеризовался низкой экологической пластичностью ($b_i = 0,7$).

Показатель степени устойчивости сортов к неблагоприятным факторам среды согласно уравнениям А.А. Rosielle, J. Hamblin определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Этот показатель всегда имеет отрицательное

значение. Наименьшая разница между минимальной и максимальной урожайностью характеризует стрессоустойчивость сорта для различных условий среды. Среди исследуемых сортов наиболее стрессоустойчивыми были сорт Слава (-13,9) и Припять (-14,4).

Генетическая гибкость сорта $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ основана на расчёте компенсаторной способности. Она представляет среднюю урожайность в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях. Данный показатель определяет реакцию сорта на условия выращивания, высокое значение которого определяет степень соответствия между урожайностью сортов и факторами среды. Наиболее высокие показатели отмечены у сортов сои Орлея – 28,6, Припять – 27,8, и Оникс 57 – 27,7 (табл. 3).

Таблица 3

Оценка стрессоустойчивости и генетической гибкости сортов сои по признаку урожайность зерна в 2024-2025 гг.

Сорт	Урожайность зерна, ц/га		Стрессоустойчивость ($Y_{\min} - Y_{\max}$)	Генетическая гибкость ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$)
	max	min		
Оникс 57	36,6	18,7	-17,9	27,7
Яровит	36,0	16,4	-19,6	26,2
Кураж (сг 22)	34,6	19,3	-15,3	27,0
Слава	34,0	20,1	-13,9	27,1
Орлея	37,2	20,0	-17,2	28,6
BLR2021Kit-1	30,1	15,3	-14,8	22,7
Припять	35,0	20,6	-14,4	27,8

Внешний вид опытного поля сои в агроклиматических условиях Орловской и Минской областей представлен на рисунке.



А



Б

Рис. Внешний вид опыта по оценке экологической пластичности сортов сои в условиях Орловской (А) и Минской областей (Б)

Важным показателем, характеризующим сорт или образец, является его стабильность реализации потенциала урожайности в зависимости от условий среды. Анализ данных теоретической урожайности зерна сои показал, что в 2024 г. в условиях Минской области наиболее высокие значения данного показателя для сортов селекции ФНЦ ЗБК отмечены у сорта Орлея (26,9 ц/га), а в 2025 г. – у сорта Слава (12,1 ц/га). При этом сорт сои Припять по данному показателю превосходил сорта российской селекции в оба года исследований на 1,2 ц/га (табл. 4). В условиях Орловской области в 2024 и 2025 гг. сорт белорусской селекции имел теоретическую урожайность 34,2 и 40,7 ц/га, соответственно, что на 6,6 и 4,8 ц/га меньше, чем у сорта сои российской селекции Яровит, который имел максимальные

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г.
 значения данного признака в годы исследований. Максимальная средняя теоретическая урожайность сформирована сортами Орлея (29,8 ц/га) и Припять (29,1 ц/га).

Таблица 4

Теоретическая урожайность сортов сои в условиях Орловской и Минской областей, ц/га

Сорт	Смолевичский район Минской области, республика Беларусь		Орловский МО Орловская область, Российская Федерация		Средняя \bar{Y}_i
	2024 г	2025 г	2024 г	2025 г	
Оникс 57	20,7	8,6	36,5	44,5	27,6
Яровит	18,1	4,3	40,8	45,5	27,2
Кураж	24,8	10,5	37,6	41,5	28,6
Слава	22,9	12,1	35,8	40,3	27,8
Орлея	26,9	10,9	37,0	44,3	29,8
BLR2021 Kit-1	24,9	8,8	25,2	35,2	23,5
Припять	28,1	13,3	34,2	40,7	29,1

Следует отметить, что, чем меньше отклонение фактических показателей от теоретически ожидаемых, тем стабильнее сорт. В изучаемом наборе наиболее стабильными следует считать образец сои BLR2021Kit-1 ($\sigma d^2 = 17,5$) и сорт Припять ($\sigma d^2 = 22,5$). Самым не стабильным оказался сорт Яровит ($\sigma d^2 = 66,5$). Остальные сорта занимали промежуточное положение ($\sigma d^2 = 27,3 \dots 44,9$) (табл. 5).

Таблица 5

Оценка стабильности сортов сои по признаку урожайность зерна

Сорт	Отклонение фактического значения урожайности зерна сои от теоретического σ_{ij}				Сумма квадратов отклонений $\sum \sigma_{ij}^2$	Стабильность σd^2
	Смолевичский район Минской области, республика Беларусь		Орловская область, Российская Федерация			
	2024 г	2025 г	2024 г	2025 г		
Оникс 57	2,2	10,1	-4,3	-7,9	187,8	44,9
Яровит	2,7	12,1	-5,1	-9,5	270,0	65,5
Кураж (сг 22)	1,9	8,8	-3,7	-6,9	142,4	33,6
Слава	1,8	8,0	-3,4	-6,3	118,5	27,6
Орлея	2,0	9,1	-3,9	-7,1	152,4	36,1
BLR2021 Kit-1	1,4	6,5	-2,8	-5,1	78,1	17,5
Припять	1,6	7,3	-3,1	-5,7	98,0	22,5

Заключение

В результате изучения экологической пластичности и стабильности 7 сортов сои по признаку урожайность зерна в агроклиматических условиях Орловской и Минской областей с использованием широко распространенной методики S.A. Eberhart и B.A. Rusell, а также методики определения стрессоустойчивости согласно уравнениям A.A. Rosielle, J. Hamblin позволили выделить наиболее адаптивные сорта сои, что предполагает их использования в селекционных программах для создания сортов, адаптированных для двух регионов возделывания.

Наиболее перспективными, с высоким потенциалом урожайности зерна, следует считать сорта Орлея и Припять. Анализ экологической пластичности показал, что по

показателю урожайность зерна на улучшение почвенно-климатических условий в наибольшей степени реагировали сорта сои Яровит и Оникс 57.

В изучаемом наборе сортов сои наиболее стабильными следует считать образец BLR2021Kit-1 и сорт Припять. Наиболее стрессоустойчивыми были сорта Слава и Припять. Высокие показатели генетической гибкости отмечены у сортов сои Орлея – 28,6, Припять– 27,8, и Оникс 57 – 27,7.

По показателю фактическая средняя урожайность зерна в агроклиматических условиях Орловской и Минской областей в 2024-2025 гг. выделялись сорта Орлея (29,8 ц/га) при колебаниях от 20,0 до 37,2 ц/га и сорт Припять (29,1 ц/га) с вариацией от 20,6 до 35,0 ц/га. Таким образом, выращивание сортов должно осуществляться в условиях, соответствующих их адаптации и целенаправленному формированию продуктивности растений. Эмпирические данные, полученные в ходе наших исследований, подтверждают эту закономерность.

Литература

1. Дайджест «Масличные»: в РФ в 2025 году могут собрать 34,1 млн. т масличных – Ruseed [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://specagro.ru/analytics/202509/daydzhest-maslichnye-v-rf-v-2025-godu-mogut-sobrat-341-mln-t-maslichnykh-ruseed> . – Дата доступа: 05.01.2026.
2. ФАОСТАТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. – Дата доступа: 15.09.2025.
3. Агроновости, еженедельная бизнес-газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agro-bursa.ru/gazeta/agristatistics/2025/09/28/posevnye-ploshhadi-soi-v-osnovnykh-regionakh-ee-proizvodstva-v-2025-godu.html>. – Дата доступа: 05.01.2026.
4. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. Гродно: ГГАУ, - 2011 – 140 с.
5. Никифорова И. Ю. Оценка адаптивного потенциала образцов проса посевного различных групп спелости по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку "урожайность зерна" // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2015. - № 1 (13). – С. 79-83.
6. Тевченков А.А., Сеничев Е.И., Трунов В.В. Экологическая пластичность и стабильность сортов сои в агроклиматических условиях Калужской области. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2025. - № 3(55). – С. 26-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-26- 32.
7. Пономарева С.В. Экологическая пластичность и стабильность по урожайности семян и зеленой массы гороха полевого в условиях Волго-Вятского региона. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2019. - № 2(30). – С. 43-48.
8. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности масличных сортов подсолнечника селекции ВНИИМК. // Масличные культуры. - 2020. –Вып. 3 (183). – С. 31-38.
9. Манукян И. Р. Сравнительная оценка адаптивности сортов озимой пшеницы к условиям предгорной зоны Центрального Кавказа. // Аграрный вестник Урала. - 2025. - Т. 25, - № 02. – С. 164-175. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-02-164-175>.
10. Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании. // Таврический вестник аграрной науки. - 2022. - № 4(32). – С. 221-230. EDN: WFQVII.
11. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, - 2005. – 100 с.
12. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. // Вестник РАСХН. - 2005.- № 6. - С. 49-53.

References

1. Digest «Oilseeds»: 34.1 million tons of oilseeds may be harvested in the Russian Federation in 2025 - Ruseed [Electronic resource]. - Access mode: <https://specagro.ru/analytics/202509/daydzhest-maslichnye-v-rf-v-2025-godu-mogut-sobrat-341-mln-t-maslichnykh-ruseed> . Accessed: 05.01.2026.
2. FAOSTAT [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Accessed: 15.09.2025.
3. Agronovosti, a weekly business newspaper [Electronic resource]. - Access mode: <https://agro-bursa.ru/gazeta/agristatistics/2025/09/28/posevnye-ploshhadi-soi-v-osnovnykh-regionakh-ee-proizvodstva-v-2025-godu.html>. - Accessed: 05.01.2026.

4. Korzun O.S., Bruilo A.S. Adaptive features of breeding and seed production of agricultural plants: a manual. Grodno: GGAU, 2011, 140 p. (in Russian)
5. Nikiforova I. Yu. Evaluation of the adaptive potential of millet samples of different maturity groups based on statistical parameters calculated according to the "grain yield" feature. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, no. 1 (13), pp. 79-83. (in Russian)
6. Tevchenkov, A.A., Senichev E.I., Trunov V.V. Ecological plasticity and stability of soybean varieties in the agroclimatic conditions of the Kaluga region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2025, no.3(55), pp.26-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-26- 32. (in Russian)
7. Ponomareva S.V. Ecological plasticity and stability of seed and green mass yield of field peas in the Volga-Vyatka region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 2(30), pp. 43 - 48. (in Russian)
8. Detsyna A.A., Illarionova I.V., Shcherbinina V.O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oil-bearing sunflower varieties bred by VNIIMK. *Maslichnye kul'tury*, 2020, Iss. 3 (183), pp. 31-38. (in Russian)
9. Manukyan I. R. Comparative assessment of the adaptability of winter wheat varieties to the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus. *Agrarnyi vestnik Urala*. 2025, Vol. 25, no. 02, pp. 164–175. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-02-164-175>. (in Russian)
10. Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P. Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in ecological variety testing. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2022, no. 4(32), pp. 221-230. EDN: WFQBII. (in Russian)
11. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Methodology for calculating and assessing the parameters of ecological plasticity of agricultural plants. Ufa: BashGAU, 2005, 100 p. (in Russian)
12. Goncharenko A. A. On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties. *Vestnik RASKhN*. 2005, no. 6, pp. 49-53. (in Russian)

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ЭНДОМЕТАБОЛИТОВ ЦИАНОБАКТЕРИЙ *LIMNOSPIRA PLATENSIS* ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ

К.Ю. ЗУБАРЕВА, кандидат биологических наук, ORCID ID:0000-0002-7083-6730

Т.А. ХРЫКИНА, старший научный сотрудник, ORCID ID:0000-0003-2037-6059

А.В. БЕЛОЗЕРОВА, аспирант

Н.И. КОСОЛАПОВА*, кандидат химических наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР
*ФГБОУ ВО КУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
E-mail: kristi_orel@bk.ru

Аннотация. Впервые получены данные о применении комплекса эндометаболитов цианобактерий *Limnospira platensis* и его модификаций, фортифицированных (дополнительно обогащенных) элементами питания B, Se и P в технологии возделывания сои, которые выступили не только как регуляторы роста, но и как адаптогены на внешние абиотические стрессфакторы в течение вегетации изучаемой культуры. Установлено, что применение комплексов фортифицированных селеном и фосфором в предпосевной обработке семян (0,6 л/т) и фолиарных подкормках вегетирующих растений сои в фазу 1-3 тройчатых листьев (0,3 л/га) обеспечивает наибольшую прибавку урожая зерна в среднем за 2 года исследований на 0,28 т/га, или на 11,5% у индетерминантного сорта Мезенка, а сбор белка при этом составляет 1105,7 и 1088,1 кг/га соответственно.

Ключевые слова: соя, биостимуляторы, эндометаболиты цианобактерий *Limnospira platensis*, урожайность, качество, предпосевная обработка, фолиарные подкормки.

Для цитирования: Зубарева К. Ю., Хрыкина Т.А., Косолапова Н.И. Оценка перспектив использования ростостимулирующих комплексов эндометаболитов цианобактерий *Limnospira platensis* при возделывании сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):48-54 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-48-54

EVALUATION OF PROSPECTS FOR THE USE OF GROWTH-PROMOTING COMPLEXES OF ENDOMETABOLITES OF CYANOBACTERIA *LIMNOSPIRA PLATENSIS* IN SOYBEAN CULTIVATION

K. Yu. Zubareva, T. A. Khrykina, A. V. Belozeroва, N. I. Kosolapova*

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS
*FSBEI OF HIGHER EDUCATION KURSK STATE UNIVERSITY

Abstract: For the first time, data were obtained on the use of a complex of endometabolites of cyanobacteria *Limnospira platensis* and its modifications, fortified (additionally enriched) with the nutrients B, Se and P in soybean cultivation technology, which acted not only as growth regulators, but also as adaptogens to external abiotic stress factors during the growing season of the studied crop. It was found that the use of complexes fortified with selenium and phosphorus in pre-sowing seed treatment (0.6 l/t) and foliar feeding of vegetative soybean plants in the phase of 1-3 trifoliolate leaves (0.3 l/ha) provides the greatest increase in grain yield on average over 2 years of research by 0.28 t/ha, or by 11.5% for the indeterminate variety Mezenka, while the protein collection is 1105.7 and 1088.1 kg/ha, respectively.

Keywords: soybeans, biostimulants, endometabolites of cyanobacteria *Limnospira platensis*, yield, quality, pre-sowing treatment, foliar treatment.

Перспективы применения биопрепаратов как биологизированных элементов в новых современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур с учетом требований органического земледелия не вызывают сомнений. Биопрепараты способны запускать важные физиолого-биохимические механизмы растительного организма, участвующие в формировании урожайности и качества получаемой продукции, в том числе и на фоне внешних биотических и абиотических стресс-факторов [1].

Научные исследования свидетельствуют об эффективности использования биостимуляторов различной природы при возделывании обширного круга культур [2, 3]. При этом остается открытым вопрос о влиянии природы биопрепарата на интенсивность ответа конкретной культуры на его применение. Сложности в установлении подобных взаимосвязей обусловлены наличием целого ряда причин, среди которых можно выделить следующие: разрозненность проводимых исследований, недостаточная представленность информации о химическом составе биопрепаратов, использование в исследованиях ограниченного числа сортов одной культуры, разнообразие почвенно-климатических условий проведения испытаний. В связи с этим накопление данных характеризующих перспективность использования ростостимулирующих комплексов при возделывании конкретных культур в конкретных почвенно-климатических условиях остается актуальным. Особую значимость приобретает получения подобных данных при разработке новых биопрепаратов.

В последнее время цианобактерии и их метаболиты приобрели известность в качестве биостимуляторов благодаря их способности воздействовать на ростовые процессы растений, регулировать эффективность использования питательных веществ, а также влиять на устойчивость к широкому спектру абиотических и биотических внешних стрессов. Цианобактерии секретируют несколько биоактивных и сигнальных молекул, включая осмолиты, фенолы, белки, витамины, углеводы, аминокислоты, полисахариды и фитогормоны, которые могут работать в синергии для стимулирования роста растений. Именно способность цианобактерий продуцировать биологически активные молекулы, эффективные в малых дозах на растениях, а также возможность получения биомассы со стабилизированными химическими и функциональными характеристиками, благодаря высоко контролируемым условиям культивирования, привели научное сообщество к сосредоточению внимания на цианобактериях как перспективном биоресурсе для производства нового класса высококачественных биостимуляторов. Однако их целенаправленное применение в растениеводстве все еще находится на начальной стадии.

Цианобактерии *Limnospira platensis* благодаря возможности осуществлять направленное регулируемое культивирование этого вида микроорганизмов и широкому спектру биологически-активных веществ в их составе являются перспективной базой для создания эффективных экологически безопасных продуктов [4, 5].

Цель работы – изучение влияния ростостимулирующих комплексов эндометаболитов цианобактерий *Limnospira platensis* при их применении в предпосевной обработке семян и фолиарных (листовых) подкормках вегетирующих растений на урожайность зерна сои.

Материал и методы исследования

Полевые и лабораторные исследования выполнялись на базе лаборатории управления вегетацией и продукционным процессом сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» в 2023-2024 гг.

В работе использовались рассматриваемые в качестве прототипов для создания нового биостимулятора растений комплекс эндометаболитов цианобактерий *Limnospira platensis* (КМ) и его модификации, фортифицированные (дополнительно обогащенные) элементами питания В, Se и Р, разработанные на кафедре химии ФГБОУ ВО «Курский государственный университет». Базовый КМ представляет собой густую массу темно-зеленого цвета изготавливаемый путем ферментации биомассы цианобактерий *Limnospira platensis*. Фортификация базового КМ для получения модификаций осуществлялась путем добавления соответствующих элементов в форме растворимых солей. Производственная площадка по производству биомассы цианобактерий *Limnospira platensis* находится в п. Поныри Курской области – НИЦ МТ «Биосоляр МГУ».

Перед полевыми исследованиями был проведен ряд лабораторных опытов с применением широкого спектра различных доз указанных комплексов в предпосевной обработке семян различных азотфиксирующих культур разных сортов с целью выявления максимальной эффективности посредством определения энергии прорастания, лабораторной всхожести по ГОСТ 12038-84, энергии роста проростков с одновременной фиксацией биометрических показателей. Наилучшие варианты были отобраны для последующего исследования в полевых опытах.

Полевые исследования проводили на сорте сои Мезенка индетерминантного типа роста и развития селекции ФНЦ ЗБК (в Госреестре РФ с 2016 г.).

Влияние применения ростостимулирующих комплексов в полевых опытах изучали на серой лесной среднесуглинистой средне окультуренной почве в 2023-2024 гг. Учётная площадь делянки 10,0 м², повторность – трехкратная, размещение систематизированное. Способ посева – широкорядный (0,45 м) селекционной сеялкой СКС-6-10, норма высева – 600 тысяч всхожих семян на 1 га.

Схема опыта: 1. контроль (не обработанные семена и растения), 2. базовый комплекс эндометаболитов цианобактерий *Limnospira platensis* (KM) (Spirustim Fer), 3. комплекс фортифицированный селеном (KM+Se) (Spirustim Fer+Se), 4. комплекс фортифицированный фосфором (KM+P) (Spirustim Fer+P), 5. комплекс фортифицированный бором (KM+B) (Spirustim Fer+B).

Расход изучаемых препаратов в предпосевной обработке семян составлял 0,6 л/т, а в листовой подкормке – 0,3 л/га, в фортификации: Spirustim Fer+Se – 0,6 л/т+0,008 г/т и 0,3 л/га+1,37 г/га; Spirustim Fer+P – 0,6 л/т+800 г/т и 0,3 л/га+_350 г/га; Spirustim Fer+B – 0,6 л/т+400 Н₃ВО₃ г/т и 0,3 л/га +15 Н₃ВО₃ г/га.

Предпосевная обработка семян проводилась за день до посева, доза рабочего раствора – 20 л/т. Фолиарные (листовые) подкормки – в фазу 1-3 тройчатых листьев, доза рабочего раствора – 300 л/га. Способ уборки – прямое комбайнирование поделяночно селекционным комбайном Zürn 150 в макрофазу развития – отмирание (код ВВСН 909). Учёт урожая поделяночный.

Биохимическая оценка качества зерна сои проводилась в лаборатории физиологии и биохимии ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. В образцах определялось содержание белка и жира с использованием анализатора зерна Infratec 1241 (программа SO 090711). Результаты учёта урожая и качества зерна обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

При проведении полевых испытаний дополнительно определялась активность пероксидаз в тканях различных органов растений сои в разные фазы их роста и развития. Определение проводилось методом Бояркина по скорости окисления субстрата – бензидина перикисью водорода. При этом была проведена некая модификация процесса пробоподготовки растительного материала с установлением массы навесок (0,2 и 0,5 г для стеблей и корней соответственно) и количества буферного раствора (5 и 10 мл соответственно) для последующего приготовления супернатанта, участвующего в реакции окисления. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом однофакторного дисперсионного анализа полевого опыта по Б.А. Доспехову с использованием программы Дисперсия 3.0 (Office XL).

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведения лабораторных исследований впервые получены данные о влиянии предпосевной обработки семян сои различными концентрациями биопрепаратов (ростстимулирующих комплексов) на начальном этапе онтогенеза.

Так, на примере опыта со Spirustim-Fer без фортификации, общей реакцией на предпосевную обработку семян сои являлось увеличение показателей посевных качеств. Лабораторная всхожесть в опыте с применением различных концентраций Spirustim-Fer возросла в среднем по всем опытным вариантам в сравнении с контролем на 9,7% в относительном исчислении. Предпосевная обработка семян сои биопрепаратами достаточно эффективно воздействовала на начальные этапы ростовых процессов (рис.). Уже на 7 -е

сутки проращивания при использовании в предпосевной обработке семян Spirustim-Fer длина проростков превышала по сравнению с контрольным вариантами в 1,2 раза или на 19,8%. Визуальные наблюдения и оценка накопления сухой биомассы к общей длине проростка показала, что растения опытных вариантов характеризуются более разветвленной корневой системой с множеством боковых корешков последующих порядков и более мощной надземной частью, так как накопление сухой биомассы к погонному см проростка составило в пределах от 23,4 до 25,4 мг, что в среднем по вариантам на 14% выше контроля.

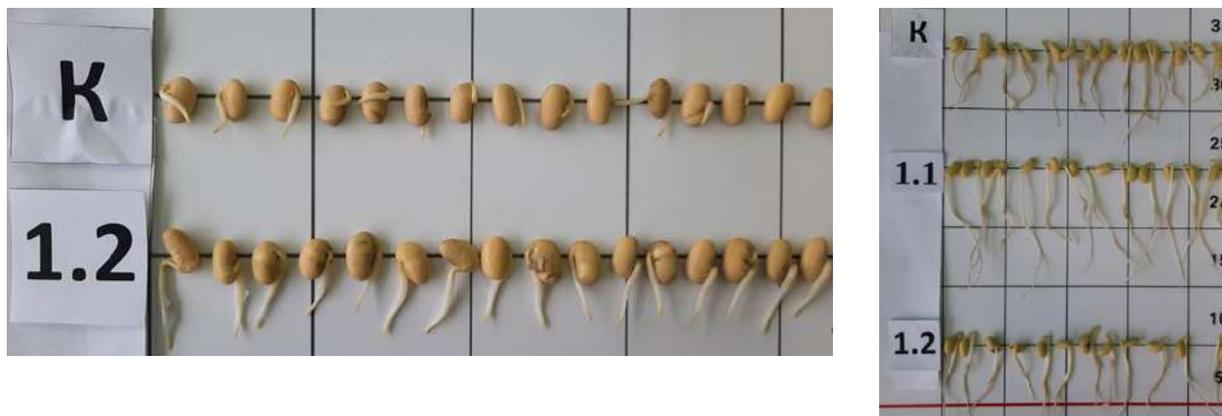


Рис. Проростки сои: слева – на 3 - е сутки проращивания, справа – на 7 - е сутки (К – необработанные семена, 1.1 и 1. 2 - семена, обработанные Spirustim-Fer). Фото авторов

Результаты исследований влияния комплекса эндометаболитов цианобактерий *Limnospira platensis* и его фортифицированных модификаций на урожайность и качество зерна сои сорта Мезенка представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние биопрепаратов на урожайность и качество зерна сои сорта Мезенка

Вариант	Урожай зерна, т/га		Содержание в зерне, %			
	2023 г.	2024 г.	Белка		Жиры	
			2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.
Контроль	2,27	2,58	40,9	39,7	21,2	22,0
Spirustim Fer	2,32	2,79	41,1	39,9	21,4	21,9
Spirustim Fer+Se	2,47	2,94	41,0	40,6	21,5	21,6
Spirustim Fer+P	2,5	2,92	40,9	39,4	21,7	22,2
Spirustim Fer+B	2,29	2,55	40,9	40,3	21,6	21,9
HCP ₀₅	0,21	0,26	0,32	0,22	0,22	0,1

Анализ таблицы 1 показал, что соя сорта Мезенка по-разному реагировала на применение комплексов разного состава. Применение составов комплекса эндометаболитов + P и комплекса эндометаболитов + Se (Spirustim Fer+P и Spirustim Fer+ Se) для предпосевной обработки семян в дозе 0,6 л/т и одной листовой подкормкой в фазу 1-3 тройчатых листьев в дозе 0,3 л/га за 2 года исследований привело к получению максимальных статистически значимых прибавок урожая зерна в среднем 0,28 т/га или 11,5% при урожайности на контрольном варианте 2,43 т/га.

Повышение продуктивности сельскохозяйственных растений под действием биостимуляторов констатируется различными авторами. При этом отмечается, что интенсивность влияния зависит от типа биостимулятора, его концентрации и количества применений [6]. Влияние на показатели качества урожая также определяются различными факторами. Szparaga A. и соавторы (2018) при исследовании влияния синтетических стимуляторов на культуру сои установили, что приводя к увеличению продуктивности растений, используемые ими препараты приводили к снижению содержания белка и жира в

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г. зерне независимо от количества обработок или концентраций тестируемых объектов. В другой их работе показано, что использование натуральных стимуляторов при возделывании сои приводило к повышению общей концентрации липидов в семенах при незначительном снижении содержания белка. Кроме того, ученые фиксировали изменения в аминокислотном профиле и составе жирных кислот семян (Szparaga A. и соавторы, 2021).

При совокупности высоких значений у показателей урожайность и количество белка в зерне, максимальный сбор белка наблюдался на варианте с применением Spirustim Fer+ Se и составляет в среднем 1105,7 кг/га, что больше контрольного варианта на 126,4 кг/га или на 11,4%.

Интерес представляют результаты определения пероксидазной активности в тканях различных органов растений сои, полученные в ходе опыта в 2023 году (табл. 2).

Таблица 2

Влияние биопрепаратов на активность пероксидазы (у.е./мг сырой массы) в растениях сои в фазу 1-3 тройчатых листьев до и после фолиарной подкормки

Варианты	Стебли		Корни	
	До	После	До	После
Контроль	0,0718	Не определялась	0,0061	0,0076
Spirustim Fer	0,1317		0,0088	0,0107
Spirustim Fer+Se	0,1237		0,0138	0,0177
Spirustim Fer+P	0,1197		0,0213	0,0190
Spirustim Fer+B	0,1133		0,0190	0,0297
НСР ₀₅	0,0496		0,0050	0,0041

Показано, что пероксидазная активность в тканях растений сои в фазу 1-3 тройчатых листьев на опытных вариантах после проведенной предпосевной обработки семян в среднем по вариантам опыта была выше на 23,2% в стеблях и на 61,1% в корнях растений, чем пероксидазная активность тканей тех же частей растений контрольного варианта. После листового опрыскивания в среднем повышается скорость протекания реакции в корнях на 60,4% в сравнении с необработанными растениями. Полученные результаты согласуются с данными, полученными рядом авторов, демонстрирующими активацию антиоксидантной системы сельскохозяйственных растений под действием ростостимулирующих препаратов [7, 8].

При этом считается, что более выражено реагируют на различные стимулы системы корней как более чувствительные к ним, что нашло свое отражение и в результатах проведенного исследования.

Полученные результаты свидетельствуют в пользу предположения, выдвигаемого рядом авторов о том, что использование биостимуляторов фактически является управляемым стрессированием растений. В определенном диапазоне низких концентраций они вызывают «мягкий» стресс, способствующий интенсификации физиологических процессов и быстрому наступлению этапа адаптации с восстановлением баланса между образованием и нейтрализацией активных форм кислорода в растениях.

В этой связи важно отметить, что в течение роста и развития растений сои в рамках опыта в 2023 году наблюдались внешние абиотические стресс-факторы, которые наиболее выражено проявились в первой половине вегетации растений. При сумме осадков в первой декаде июня 1,7 мм или 11,3% от среднегодовой нормы при предшествующих месяцах апреле-мае с ГТК (гидротермическим коэффициентом) = 0,21-0,29 наблюдается недостаточное увлажнение в верхних слоях почвы (почвенная засуха!).

Таким образом, можно заключить, что используемые комплексы в данном случае выступили как адаптогены, тем самым способствуя повышению продуктивности. Наиболее важным является тот факт, что биостимуляторы, в отличие от гормонов, влияют на метаболические процессы растений без изменения их естественных путей.

Заключение

Результаты исследований показали значительные отличия по влиянию разных комплексов эндометаболитов цианобактерий *Limnospira platensis*, в том числе фортифицированных (обогащенных) элементами питания, на урожайность сои и возможность применения последних в качестве препаратов для предпосевной обработки семян и внекорневых (листовых, фолиарных) подкормок.

Выявлена эффективность применения комплексов, фортифицированных фосфором и селеном, при предпосевной обработке семян и опрыскивании растений в фазу 1-3 тройчатых листьев в дозе 0,6 л/т +0,3 л/га на сое сорта Мезенка.

Применение данных препаратов помогает в активации обменных окислительно-восстановительных процессов, тем самым повышая стрессоустойчивость к неблагоприятным воздействиям извне и способствует поддержанию гомеостаза.

Литература

1. Полухин А.А., Зубарева К.Ю. Развитие органического земледелия в Российской Федерации и рентабельность производства органической сои. // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 6. – С. 44-49. – DOI 10.53859/02352451_2023-37-6-44. – EDN WHFPLK.
2. Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Хрыкина Т.А. Биологизированные агроприемы в технологии возделывания сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2025. – № 1(53). – С. 14-22. – DOI 10.24412/2309-348X-2025-1-14-22. – EDN GGHCWX.
3. Зубарева К.Ю., Прудников П.С. Влияние биопрепаратов на начальные ростовые процессы азотфиксирующих культур. // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XX международной научной конференции, Брянск, 14 марта 2023 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, - 2023. – С. 211-216. – EDN OWEVIQ.
4. Сорока В.В., Болдин А.А., Косолапова Н.И. [и др.]. Эффективность применения эндометаболитов цианобактерий *Arthrospira platensis* при возделывании сахарной свеклы. // Проблемы региональной экологии. - 2024. - № 6. – С. 5-12. – DOI 10.24412/1728-323X-2024-6-5-12. – EDN XJXIFD.
5. Сорока В.В., Косолапова Н.И., Проценко Е.П. Оценка возможности использования препарата на основе экзометаболитов цианобактерии *Arthrospira platensis* для предпосевной обработки семян кукурузы. // Биосистемы: организация, поведение, управление: Тезисы докладов 78-й Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых ученых, Нижний Новгород, 14–18 апреля 2025 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, - 2025. – С. 238. – EDN FNACUU.
6. Баранов В.Ф., Уго Торо Корреа, Ширинян О.М. и др. Влияние стимуляторов роста растений на продуктивность сои. // Научно-технический бюллетень ВНИИМК. - 2006. - №. 2 (135). – С. 104-106.
7. Effect of germination with sodium selenite on the isoflavones and cellular antioxidant activity of soybean (*Glycine max*) //LWT. – 2018. – Т. 93. – С. 64-70.
8. Guardado-Félix D. et al. Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts //Food chemistry. – 2017. – Т. 226. – С. 69-74.

References

1. Polukhin A. A., Zubareva K. Yu. Development of organic farming in the Russian Federation and the profitability of organic soybean production. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023, Vol. 37, no. 6, pp. 44-49. DOI 10.53859/02352451_2023_37_6_44. EDN WHFPLK.
2. Zotikov V. I., Zubareva K. Yu., Khrykina T. A. Biologized agricultural practices in soybean cultivation technology. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2025, no.1(53), pp. 14-22. DOI 10.24412/2309-348X-2025-1-14-22. EDN GGHCWX.
3. Zubareva K. Yu., Prudnikov P. S. The Effect of Biopreparations on the Initial Growth Processes of Nitrogen-Fixing Crops. *Agroecological Aspects of Sustainable Development of the Agricultural Sector: Proc. XX International Scientific Conference, Bryansk, March 14, 2023*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2023, pp. 211-216. - EDN OWEVIQ.

- Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г.
4. Soroka V. V., Boldin A. A., Kosolapova N. I. [et al.] Efficiency of using endometabolites of cyanobacteria *Arthrospira platensis* in sugar beet cultivation. *Problemy regional'noi ekologii*. 2024, no. 6, pp. 5-12, DOI 10.24412/1728-323X-2024-6-5-12, EDN XJXIFD.
 5. Soroka V. V., Kosolapova N. I., Protsenko E. P. Assessing the feasibility of using a product based on exometabolites of the cyanobacterium *Arthrospira platensis* for pre-sowing treatment of corn seeds. *Biosystems: Organization, Behavior, and Control: Abstracts of the 78th All-Russian International Conference-School for Young Scientists*, Nizhny Novgorod, April 14-18, 2025. *Natsional'nyi issledovatel'skii Nizhegorodskii gosudarstvennyi universitet im. N.I. Lobachevskogo*, 2025, pp. 238, EDN FNACUU.
 6. Baranov V. F., Ugo Toro Korrea, Shirinyan O.M. et al. The influence of plant growth stimulants on soybean productivity. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' VNIIMK*, 2006, no.2 (135), pp. 104-106.
 7. Effect of germination with sodium selenite on the isoflavones and cellular antioxidant activity of soybean (*Glycine max*). *LWT*, 2018, Vol. 93, pp. 64-70.
 8. Guardado-Félix D. et al. Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food chemistry*, 2017, Vol. 226, pp. 69-74.

УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ И ЯРОВОГО РАПСА В СЕВООБОРОТЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В.П. САВЕНКОВ, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0009-0004-6774-9590, E-mail: agroteh@lniir.ru

ЛИПЕЦКИЙ НИИР – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ «ВНИИМК ИМЕНИ В.С. ПУСТОВОЙТА»

***Аннотация.** Представлены результаты исследований, проведенных с целью выявить прием и систему основной обработки почвы, обеспечивающих наибольшую урожайность и экономическую эффективность возделывания сои и ярового рапса во второй ротации плодосменного севооборота в условиях лесостепи ЦФО России. В стационарном полевом опыте Липецкого НИИ рапса – филиале ФГБНУ ФНЦ «ВНИИМК» (2015-2022 гг.) в севообороте с чередованием культур: соя, озимая пшеница, яровой рапс и яровой ячмень изучалась эффективность применения четырех систем основной обработки почвы, с условным названием: отвально-поверхностная, отвально-поверхностная с глубоким рыхлением, отвально-поверхностная с мелким рыхлением и минимальная (безотвальная). Почва опытного участка – выщелоченный среднесиловый тяжелосуглинистый чернозем. Исследования проводили по общепринятым методикам и ГОСТам. В годы второй ротации севооборота (2019-2022 гг.) погодные условия вегетационного периода различались. Однако закономерности изменений урожайности изучаемых масличных культур в зависимости от различных приемов и систем основной обработки почвы были близкими. Установлено, что в среднем за годы второй ротации севооборота, наиболее высокие урожай маслосемян, чистый доход и рентабельность при возделывании сои и ярового рапса обеспечила отвально-поверхностная с глубоким рыхлением система основной обработки почвы, где под сою проводили глубокое безотвальное рыхление, озимую пшеницу, яровой ячмень – поверхностную обработку и яровой рапс – вспашку. В других вариантах опыта сбор товарных семян и экономическая эффективность агротехнологий масличных культур снижались. В наибольшей мере это отмечалось, когда использовали минимальную (безотвальную) систему зяблевой обработки почвы, с поверхностной обработкой под сою, озимую пшеницу, яровой ячмень и чизелеванием под яровой рапс.*

Ключевые слова: севооборот, основная обработка почвы, соя, яровой рапс, урожайность, экономическая эффективность.

Для цитирования: Савенков В.П. Урожайность и экономическая эффективность возделывания сои и ярового рапса в севообороте при изменении основной обработки почвы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):55-63 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-55-63

YIELD AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SOYBEAN AND SPRING RAPESEED CULTIVATION IN CROP ROTATION WITH A CHANGE IN BASIC TILLAGE

V.P. Savenkov

LIPETSK RESEARCH INSTITUTE OF RAPESEED – BRANCH FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER «V.S. PUSTOVOIT ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF OIL CROPS»

***Abstract:** The results of studies conducted to identify the method and system of basic tillage that ensure the highest yields and economic efficiency of soybean and spring rapeseed cultivation in the second rotation of the fruit-bearing crop rotation in the forest-steppe of the Central Federal*

District of Russia are presented. In a stationary field experiment of the Lipetsk Research Institute of Rapeseed (2015-2022) in crop rotation with alternating crops: soybeans, winter wheat, spring rape and spring barley, the efficiency of using four systems of primary soil cultivation was studied, with the conventional name: moldboard-surface, moldboard-surface with deep loosening, moldboard-surface with shallow loosening and minimal (no-moldboard). The soil of the experimental plot is leached medium-deep heavy loamy chernozem. The studies were conducted according to generally accepted methods and GOSTs. During the second crop rotation years (2019-2022), weather conditions during the growing season varied. However, the patterns of changes in the yield of the studied oilseed crops depending on various methods and systems of primary soil cultivation were similar. It was found that, on average, over the years of the second crop rotation, the highest yield of oilseeds, net income and profitability in the cultivation of soybeans and spring rapeseed were provided by a moldboard-surface system of primary soil cultivation with deep loosening, where deep moldboard-less loosening was carried out for soybeans, surface cultivation for winter wheat and spring barley and plowing for spring rapeseed. In other versions of the experiment, the yield of commercial seeds and the economic efficiency of agricultural technologies of oilseeds decreased. To the greatest extent, this was noted when a minimal (non-fallow) system of winter tillage was used, with surface treatment for soybeans, winter wheat, spring barley and chiseling for spring rapeseed.

Keywords: crop rotation, basic tillage, soybeans, spring rape, yield, economic efficiency.

Введение

Соя и рапс ценные масличные и кормовые культуры, которые широко возделываются в нашей стране и за рубежом. Следует отметить, что в России из-за континентальности климата наиболее распространен яровой рапс и его посевные площади в 4-5 раз больше, чем озимого рапса, т.е. они составляют 75-80% от общих посевов этой культуры. Семена сои и ярового рапса характеризуются высоким содержанием сырого жира и протеина. Известно, что их масличность значительно выше у ярового рапса (39-48%), а по накоплению белковых веществ большее преимущество имеет соя (32-45%). В связи с этим, при возделывании этих культур в одном регионе они дополняют друг друга по валовым сборам масла и белка. При промышленной переработке семян сои и ярового рапса получают растительное масло с жирнокислотным составом и свойствами, позволяющими успешно его использовать на продовольственные, технические, медицинские, экологические и другие цели. Отходами производства соевого и рапсового масла являются жмыхи и шроты с повышенным содержанием хорошо переваримых белковых веществ, которые практически незаменимы для кормления сельскохозяйственных животных. Кроме того, белок сои широко используется при производстве продуктов питания для человека, где он успешно заменяет белки животного происхождения. В севооборотах соя и яровой рапс имеют многофункциональное – средообразующее, агротехническое, фитосанитарное и экологическое значение. Поэтому их возделывание является важным фактором биологизации и повышения эффективности растениеводства [1, 2, 3, 4].

Посевные площади этих масличных культур постоянно увеличиваются, однако их урожайность остается пока невысокой. Так, по данным Росстата в 2025 г. в нашей стране площади посевов сои и ярового рапса составили 4,5 и 2,4 млн./га, а их урожайность – 1,9 и 1,8 т/га соответственно. В связи с этим в настоящее время для наращивания валовых сборов семян этих масличных культур в России первостепенное значение имеет разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство научно-обоснованных высокоурожайных и экономически наиболее эффективных технологий их возделывания. Среди агроприемов, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур, большое значение имеет основная обработка почвы, оптимизация которой позволяет улучшать ее физико-механические и микробиологические свойства, водно-воздушный и пищевой режимы и снижать водную и ветровую эрозию [5, 6, 7]. Она может осуществляться отвальным (вспашка с оборотом пласта), безотвальным (без оборота пласта) и роторным (фрезерным)

способами, самостоятельно или в сочетании с поверхностной обработкой, применение которых оказывает определенное влияние на свойства почвы.

Ранее проведенные исследования показали, что полевые культуры из-за своих биологических особенностей неодинаково отзывчивы на различные приемы зяблевой обработки почвы. Так, при возделывании сои, ярового рапса, подсолнечника и сахарной свеклы, у которых стержневая корневая система, более высокую и экономически оправданную урожайность чаще всего обеспечивает применение вспашки с оборотом пласта. В то же время под озимые, яровые зерновые и некоторые другие культуры с мочковатой корневой системой наиболее эффективны минимальные (безотвальные) приемы основной обработки почвы [8, 9, 10]. Однако такая отзывчивость полевых культур на отвальную и безотвальную зяблевую обработку почвы может несколько изменяться, что обусловлено частотой и последовательностью их применения в севообороте и особенностями почвенно-климатических и погодных условий региона. Необходимо отметить, что непрерывное использование под сельскохозяйственные культуры в севообороте каждого из этих приемов основной обработки почвы, отрицательно сказывается на некоторых ее свойствах. В связи с этим установлено, что в севооборотах наиболее эффективны комбинированные системы основной обработки почвы, с определенным сочетанием отвальных и безотвальных приемов [11, 12, 13].

До начала проведения наших опытов, влияние различных приемов и систем основной обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность возделывания сои и ярового рапса в плодосменном севообороте (с чередованием культур – соя, озимая пшеница, яровой рапс и яровой ячмень) в условиях лесостепи ЦФО Российской Федерации не изучалось. Поэтому проведение таких исследований в данном регионе представляет большой научно-практический интерес и актуальность.

Цель исследований – выявить прием и систему основной обработки почвы, которые обеспечат наиболее высокие урожайность и экономическую эффективность возделывания сои и ярового рапса во второй ротации плодосменного севооборота (с чередованием культур – соя, озимая пшеница, яровой рапс и яровой ячмень) в условиях лесостепи ЦФО России.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в Липецком НИИ рапса – филиале ФГБНУ ФНЦ «ВНИИ масличных культур имени В.С. Пустовойта». В стационарном полевом опыте (2015-2022 гг.) в течение двух ротаций плодосменного севооборота (с чередованием культур – соя, озимая пшеница, яровой рапс и яровой ячмень) изучали эффективность четырех систем основной обработки почвы с условным названием: отвально-поверхностная – вспашка под сою, яровой рапс и поверхностная обработка под озимую пшеницу и яровой ячмень; отвально-поверхностная с глубоким рыхлением – глубокое безотвальное рыхление под сою, поверхностная обработка под озимую пшеницу, яровой ячмень и вспашка под яровой рапс; отвально-поверхностная с мелким рыхлением – мелкое рыхление под сою и поверхностная обработка под озимую пшеницу, яровой ячмень и вспашка под яровой рапс, минимальная (безотвальная) – поверхностная обработка под сою, озимую пшеницу, яровой ячмень и чизелевание под яровой рапс. При этом глубина: вспашки (плуг – ПЛН-8-40), глубокого безотвального рыхления и чизелевания (чизельный плуг – ПЧ-4,5), мелкой и поверхностной обработок (дисковая борона БДП-6х2) соответственно составила: 22-24; 28-30 и 22-24, 10-12 и 6-8 см, т.е. в соответствии с ГОСТом 16265-89. Сорт сои Бара (группа спелости – очень ранний) и сорт ярового рапса Ярило (группа спелости – среднеранний). Повторность опыта трехкратная, с систематическим (последовательным) размещением делянок. Общая площадь делянки 264 м² и учетная – 88 м².

Технологии возделывания сои, ярового рапса и зерновых культур в полевом опыте, общепринятые для лесостепи ЦФО России (кроме изучаемых приемов и систем основной обработки почвы). Учет урожайности сои и ярового рапса осуществляли поделаноchnо комбайном Сампо-130 и ее определяли с пересчетом на 100% чистоту и стандартную влажность маслосемян. Экономическую эффективность возделывания изучаемых масличных культур рассчитывали с использованием технологических карт и рыночных цен,

сложившихся на средства производства в 2022 г. Исследования, проводили согласно общепринятых методик и ГОСТов.

Климат места проведения полевого опыта (Липецкий район, Липецкая область) умеренно-континентальный. По среднемноголетним данным Липецкого ЦГМС за вегетационный период (май – август) здесь выпадает 236 мм осадков, среднесуточная температура воздуха составляет 17,4 °С и ГТК по Селянинову – 1,11. За аналогичный период 2019, 2020, 2021, 2022 гг. ГТК по Селянинову соответственно составил 1,00; 0,85; 0,76 и 1,04. Следует отметить, что за май-август среднесуточная температура воздуха по годам изменялась в пределах 17,6-20,1 °С, сумма осадков – 182-232 мм и ГТК по Селянинову – 0,73-1,04. Более благоприятные и близкие к среднемноголетней норме гидротермические условия вегетационного периода сложились в 2019 и 2022 гг., а в другие годы они характеризовались значительным недобором осадков (более 20%). Кроме того, в 2021 г. среднесуточная температура воздуха была на 2,7 °С выше среднемноголетних значений.

В полевом опыте почва – выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый чернозем. Анализы почвы (слой 0-20 см), взятой перед проведением полевого опыта показали, что содержание гумуса (по Тюрину) составило 6,6-7,1%, $pH_{\text{сол}}$ 4,8-5,7, гидролитическая кислотность – 2,73-3,89 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 32-38 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 89-93%, содержание подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 99-162 и 135-222 мг/кг почвы. Следовательно, агрохимические свойства почвы опытного участка в целом были характерны для данного подтипа, вида и разновидности чернозема.

Результаты и их обсуждение

Погодные условия вегетационного периода в годы второй ротации севооборота (2019-2022 гг.) по температурному режиму воздуха, сумме осадков и их динамики различались, что соответствующим образом сказалось на урожайности сои и ярового рапса. Так, в среднем по вариантам опыта, в 2019, 2020, 2021 и 2022 гг. у сои она составила 2,20; 1,23; 1,63 и 2,32 т/га, и ярового рапса – 2,60; 1,62; 1,69 и 2,19 т/га соответственно, и в целом за эти годы она оказалась несколько больше у ярового рапса. Кроме того, следует отметить, что гидротермические условия вегетации в первый и четвертый годы второй ротации севооборота были более благоприятными для формирования урожая товарных семян масличных культур, чем в другие годы. Однако закономерности его изменений в зависимости от изучаемых приемов и систем основной обработки почвы по годам проведения полевого опыта существенно не различались. Поэтому целесообразным является анализ результатов, полученных в среднем за 2019-2022 гг.

Исследования, проведенные во второй ротации плодосменного севооборота выявили, что перед периодом интенсивного развития сои и ярового рапса наименьшая и сравнительно близкая засоренность их посевов отмечалась при проведении отвально-поверхностной и отвально-поверхностной с глубоким рыхлением систем основной обработки почвы. Кроме того, эти варианты опыта относительно других характеризовались более высокими и практически равноценными запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы (табл. 1). В результате, сложившиеся в вариантах опыта – фитосанитарное состояние и влагообеспеченность сои и ярового рапса соответствующим образом сказались на их урожайности.

По данным таблицы 2 видно, что наибольший сбор товарных семян сои обеспечило применение в севообороте отвально-поверхностной с глубоким рыхлением системы основной обработки почвы, при которой непосредственно при ее возделывании проводили глубокое безотвальное рыхление, зерновые культуры – поверхностную обработку и яровой рапс – вспашку. В то же время преимущество этого варианта опыта по урожайности сои относительно агротехнологии с отвально-поверхностной системой зяблевой обработки почвы, где под эту культуру использовалась вспашка с оборотом пласта, оказалось несущественным. Применение под сою мелкой и поверхностной обработок почвы при соответствующих ее системах достоверно и практически равноценно снижало ее продуктивность.

Влагообеспеченность и засоренность посевов сои и ярового рапса в зависимости от основной обработки почвы (среднее за 2019-2022 гг.)

Вариант	Содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см, мм		Засоренность посевов, шт./м ²	
	Соя	Яровой рапс	Соя	Яровой рапс
Отвально-поверхностная	117	100	96	120
Отвально-поверхностная с глубоким рыхлением	120	103	105	126
Отвально-поверхностная с мелким рыхлением	109	98	149	136
Минимальная	106	91	152	169
НСР _{0,5}	6,3	2,9	19,6	10,9

Влияние изучаемых приемов и систем основной обработки почвы на урожайность ярового рапса было практически аналогичным. При этом, несмотря на то, что в первых трех вариантах опыта непосредственно при его возделывании проводили вспашку, несколько более высокий сбор товарных семян получен при отвально-поверхностной с глубоким рыхлением системе зяблевой обработки почвы. Хотя в вариантах опыта с отвально-поверхностной и отвально-поверхностной с мелким рыхлением ее системах он снижался недостоверно. Наименьшая урожайность ярового рапса сформировалась в варианте опыта с минимальной (безотвальной) системой зяблевой обработки почвы, где при его возделывании применяли чизелевание, а под другие культуры – поверхностную обработку почвы. В этом случае, относительно других она была меньше на 0,20-0,39 т/га, то есть на 11-18%.

Таблица 2

Влияние различных приемов и систем основной обработки почвы на урожай товарных семян сои и ярового рапса, т/га

Вариант	Соя					Яровой рапс				
	Год									
	2019	2020	2021	2022	Среднее	2019	2020	2021	2022	Среднее
Отвально-поверхностная	2,29	1,32	1,81	2,38	1,95	2,66	1,67	1,79	2,22	2,09
Отвально-поверхностная с глубоким рыхлением	2,33	1,39	1,94	2,55	2,05	2,76	1,72	1,91	2,39	2,20
Отвально-поверхностная с мелким рыхлением	2,11	1,14	1,42	2,19	1,72	2,60	1,61	1,68	2,14	2,01
Минимальная	2,09	1,10	1,36	2,16	1,68	2,41	1,43	1,39	2,01	1,81
НСР _{0,5}	0,16	0,09	0,15	0,24	0,16	0,20	0,19	0,21	0,22	0,20

На наш взгляд, некоторое снижение урожайности изучаемых масличных культур в агротехнологии с отвально-поверхностной системой обработки почвы, очевидно, обусловлено тем, что в этом варианте опыта при систематической вспашке на одинаковую глубину образуется уплотненная плужная подошва. В то же время при основной обработке почвы в севообороте с глубоким безотвальным рыхлением она разрушалась и в результате улучшалось развитие корневой системы сои и ярового рапса и несколько повышалась их продуктивность относительно варианта с отвально-поверхностной системой.

Для практического использования высокоурожайных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, первостепенное значение имеет их экономическая эффективность, которая в основном определяется рыночной стоимостью урожая, производственными затратами, себестоимостью полученной продукции, чистым доходом и рентабельностью. Расчеты показали, что при возделывании сои и ярового рапса около 70% общих затрат приходилось на применение удобрений и средств защиты растений, а доля затрат на основную обработку почвы в вариантах опыта изменялась в пределах от 5 до 10%.

При расчетах стоимости урожая товарных маслосемян сои и ярового рапса использовали рыночные цены 2022 г., которые составляли 30000 и 25000 р./т соответственно. Согласно полученным данным, в вариантах опыта стоимость урожая маслосемян этих культур изменялась аналогично их урожайности. Поэтому наибольших значений она достигала при отвально-поверхностной с глубоким рыхлением системе основной обработки почвы, а наименьших при минимальной (безотвальной) ее системе. Производственные затраты на технологию возделывания сои и ярового рапса в вариантах опыта несколько различались, и в совокупности со стоимостью полученной урожайности они определяли другие показатели экономической эффективности изучаемых технологий их возделывания.

Так, при изучаемых приемах и системах основной обработки почвы себестоимость одной тонны товарных семян сои и ярового рапса относительно ее рыночной цены оказалась соответственно в 1,3 и 1,6 раза меньше. При этом, самой низкой она получена, когда в севообороте проводили отвально-поверхностную с глубоким рыхлением систему основной обработки почвы. В других вариантах опыта себестоимость одной тонны маслосемян этих культур увеличивалась в 1,3-1,9 раза, что в наибольшей мере отмечалось при минимальной (безотвальной) основной системе зяблевой обработки почвы (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность агротехнологий сои и ярового рапса при различных системах основной обработки почвы (в среднем за 2019-2022 гг.)

Вариант	Стоимость урожая семян, р./га	Производственные затраты, р./га	Себестоимость 1 т товарных семян, р.	Чистый доход, р./га	Рентабельность, %
Отвально-поверхностная	58500*	38151	19565	20349	53
	52250**	35653	17058	16597	47
Отвально-поверхностная с глубоким рыхлением	61500	38021	18547	23479	62
	55000	35778	16263	19222	54
Отвально-поверхностная с мелким рыхлением	51600	37095	21566,0	14505	39
	50250	35562	17692,6	14688	41
Минимальная	50400	36993	22019	13407	36
	45250	35124	19406	10126	29

* – соя; ** – яровой рапс

Особо важным показателем экономической эффективности агротехнологий является чистый доход, который в наших исследованиях при возделывании сои и ярового рапса наибольшим был получен при отвально-поверхностной с глубоким рыхлением системе основной обработки почвы (глубокое безотвальное рыхление под сою, поверхностная обработка под озимую пшеницу, яровой ячмень и вспашка под яровой рапс). В других вариантах опыта он значительно снижался, и в наибольшей мере при использовании минимальной (безотвальной) системе зяблевой обработки почвы (поверхностная обработка под сою, озимую пшеницу, яровой ячмень и чизелевание под яровой рапс). Кроме того, в этом случае, чистый доход при возделывании сои и ярового рапса относительно

агротехнологий с применением в севообороте отвально-поверхностной с глубоким рыхлением системы основной обработки почвы был более чем на 40% меньше.

Рентабельность агротехнологий возделывания сои и ярового рапса в вариантах опыта изменялась в пределах 36-62 и 24-54% соответственно, и наибольшей она отмечалась при использовании в севообороте отвально-поверхностной с глубоким рыхлением системы основной обработки почвы. Применение других ее систем отрицательно сказалось на этом показателе экономической эффективности агротехнологий масличных культур. При этом наиболее низкой рентабельностью характеризовался вариант опыта с минимальной (безотвальной) системой основной обработки почвы.

Выводы

Проведенные исследования показали, что во второй ротации плодосменного севооборота (с чередованием культур соя, озимая пшеница, яровой рапс и яровой ячмень) урожай маслосемян сои и ярового рапса значительно зависел не только от сложившихся погодных условий вегетации, но и от изучаемых приемов и систем основной обработки почвы. Установлено, что в среднем за 2019-2022 гг. наибольшие урожайность, чистый доход и рентабельность, а также более низкую себестоимость товарных семян при возделывании сои и ярового рапса в севообороте обеспечило применение отвально-поверхностной с глубоким рыхлением системы основной обработки почвы. В других вариантах опыта продуктивность и экономическая эффективность агротехнологий изучаемых масличных культур снижались. В наибольшей мере это происходило при использовании минимальной (безотвальной) системы зяблевой обработки почвы, где под сою, озимую пшеницу, яровой ячмень осуществляли поверхностную обработку и яровой рапс – чизелевание. Следует отметить, что закономерности влияния изучаемых приемов и систем основной обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность агротехнологий сои и ярового рапса в первой ротации плодосменного севооборота были аналогичными [14]. Поэтому при возделывании сои и ярового рапса в плодосменном севообороте (соя, озимая пшеница, яровой рапс и яровой ячмень) в условиях лесостепи ЦФО Российской Федерации рекомендуем для сельскохозяйственного производства проводить отвально-поверхностную с глубоким рыхлением систему основной обработки почвы (глубокое безотвальное рыхление под сою, поверхностная обработка под озимую пшеницу, яровой ячмень и вспашка под яровой рапс).

Литература

1. Федотов В.А., Гончаров С.В., Столяров О.В. [и др.]. Соя в России. Под редакцией В.А. Федотова, С.В. Гончарова. – Москва: Агролига России. - 2013. – 431 с. – ISBN 978-5-85879-866-8.
2. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ». – 2012. – 432 с. – ISBN 978-5-7992-0733-5.
3. Савенков В.П., Карпачев В.В. Научно-практические основы управления агротехнологиями производства ярового рапса. // ВНИИ рапса. – Липецк: Липецкий государственный технический университет. – 2017. – 461 с. – ISBN 978-5-88247-834-5.
4. Гармашов В.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А. [и др.]. Влияние основной обработки почвы на агрофизические свойства миграционно-мицелиарных агрочерноземов. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 3. – С. 26-29.
5. Ивченко В.К., Полосина В.А., Штеле А.А. Влияние приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи. // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 7. – С. 50-58.
6. Краснова Е.А., Рзаева В.В., Линьков А.С. Влияние способов основной обработки на водно-физические свойства почвы и урожайность сои в Западной Сибири. / Аграрный научный журнал. - 2020. - № 9. – С. 21-24. – DOI: 10.28983/asj.y2020i9pp21-24.
7. Лощинина А.Э., Борин А.А. Взаимосвязь обработки почвы с ее биологическими свойствами и урожайностью культур севооборота. // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 1 (26). – С. 12-17.

8. Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Влияние приемов основной обработки почвы и растительной биомассы на продуктивность культур в звене севооборота. // *Плодородие*. – 2019. – № 5. – С. 41-45. – DOI 10.25680/S19948603.2019.110.12.
9. Бушнев А.С. Влияние систем основной обработки почвы на продуктивность звеньев зернопропашного севооборота с масличными культурами и озимой пшеницей на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. // *Масличные культуры: науч.-тех. Бюл. ВНИИМК*. Краснодар, – 2015. – № 1. – С. 72-83.
10. Вислобокова Л.Н., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Влияние основной обработки чернозема типичного на урожайность культур севооборота. // *Земледелие*. – 2020. – № 1. – С. 38-40. – DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10110.
11. Кузыченко Ю.А. Системы обработки почвы в пропашном звене севооборота в зоне Центрального Предкавказья. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2020. – Т.15. – № 2 (58). – С.25-28. – DOI: 10.12737/2073-0462-2020-25-28.
12. Ивенин А.В., Богомолова Ю.А., Саков А.П. Экономическая эффективность выращивания зерновых культур в зависимости от систем обработки почвы и применения удобрений. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2021. – Т. 16, № 1(61). – С. 22-27. – DOI: 10.12737/2073-0462-2021-22-27.
13. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения. // *Земледелие*. 2015. –№ 5. – С. 13-15.
14. Савенков В.П. Эффективность различных систем основной обработки почвы при возделывании в севообороте масличных и зерновых культур в лесостепи Центрального федерального округа России. // *Земледелие*. – 2021. – № 7. – С. 35-39. – DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-35-39.

References

1. Fedotov V.A. (ed), Goncharov S.V. (ed), O.V. Stolyarov [et al.]. Soybeans in Russia. Moscow: Agroliga Rossii, 2013, 431 p., ISBN 978-5-85879-866-8.
2. Petibskaya V.S. Soybeans: Chemical Composition and Uses. Maikop: OAO «Poligraf-YuG» Publ., 2012, 432 p., ISBN 978-5-7992-0733-5.
3. Savenkov V.P., Karpachev V.V. Scientific and practical foundations for managing agricultural technologies for spring rapeseed production. VNII rapsa. Lipetsk: Lipetskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet. 2017, 461 p., ISBN 978-5-88247-834-5.
4. Garmashov V.M., Cheverdin Yu.I., Bupalov V.A. [et al.]. The influence of primary tillage on the agrophysical properties of migratory-mycelial agrochernozems. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2017, no. 3, pp. 26-29.
5. Ivchenko V.K., Polosina V.A., Shtele A.A. The influence of primary tillage techniques on the agrophysical parameters of leached chernozem in the Krasnoyarsk forest-steppe. *Vestnik KrasGAU*, 2019, no. 7, pp. 50-58.
6. Krasnova E.A., Rzaeva V.V., Lin'kov A.S. The influence of primary tillage methods on the water-physical properties of soil and soybean yield in Western Siberia. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2020, no. 9, pp. 21-24, DOI 10.28983/asj.y2020i9pp21-24.
7. Loshchinina A.E., Borin A.A. The relationship between soil cultivation, its biological properties and crop yields in crop rotation. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2019, no. 1 (26), pp. 12-17.
8. Akhmetzyanov M.R., Talanov I.P. The influence of primary tillage techniques and plant biomass on crop productivity in crop rotation. *Plodorodie*, 2019, no. 5, pp. 41-45, DOI 10.25680/S19948603.2019.110.12.
9. Bushnev A.S. The influence of primary tillage systems on the productivity of grain-row crop rotation links with oilseeds and winter wheat on leached chernozem in the Western Ciscaucasia. *Maslichnye kul'tury: nauch.-tekh. Byul. VNIIMK*. Krasnodar, 2015, no. 1, pp. 72-83.
10. Vislobokova L.N., Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. The influence of primary cultivation of typical chernozem on the yield of crop rotation crops. *Zemledelie*, 2020, no. 1, pp. 38-40, DOI 10.24411/0044-3913-2020-10110.

11. Kuzychenko Yu.A. Tillage systems in the row-crop crop rotation system in the Central Ciscaucasia zone. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, vol.15, no. 2 (58), pp.25-28, DOI 10.12737/2073-0462-2020-25-28.
12. Ivenin A.V., Bogomolova Yu.A., Sakov A.P. Economic efficiency of growing grain crops depending on soil cultivation systems and fertilizer application. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, vol. 16, no. 1(61), pp. 22-27, DOI 10.12737/2073-0462-2021-22-27.
13. Pykhtin I.G., Gostev A.V., Nitchenko L.B. Theoretical foundations of systematization of soil cultivation in new generation agricultural technologies. *Zemledelie*. 2015, no. 5, pp. 13-15.
14. Savenkov V.P. The efficiency of various primary tillage systems in the cultivation of oilseed and grain crops in the forest-steppe of the Central Federal District of Russia. *Zemledelie*, 2021, no. 7, pp. 35-39, DOI 10.24412/0044-3913-2021-7-35-39.

ВЛИЯНИЕ АНТИОКСИДАНТА СЕЛЕНА НА СОДЕРЖАНИЕ АУКСИНОВ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ДЫХАНИЯ РАСТЕНИЙ СОИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ

Т.И. ПУЗИНА, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-3418-4720,

E-mail: tipuzina@gmail.com

У.В. ЛЕГЧЕНКО, E-mail: ulegchenko@mail.ru

И.Ю. МАКЕЕВА*, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-9879-9938,

E-mail: makeevainna@inbox.ru

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»

* ФГБОУ ВО «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ», ЧЕЛЯБИНСК

Аннотация. Исследовали влияние антиоксиданта селена на содержание фитогормонов ауксинов, интенсивность дыхания и его качество, ростовые реакции в зависимости от водоснабжения 30-дневных растений сои сорта Зуша, выращенных в лабораторных условиях. Содержание ауксинов определяли методом биотестирования. Об интенсивности дыхания судили по количеству выделенного CO₂ в сосудах для газообмена. Первоначальные пути дыхательного обмена определяли методом ингибиторного анализа с использованием ингибитора гликолиза NaF. Функциональные составляющие дыхания определяли по разности дыхания на свету и в темноте. Выявлено значительное (в 1.7 раза) увеличение содержания ауксинов под действием селенита натрия (5.8·10⁻³ мМ) в оптимальных условиях водоснабжения и их уменьшение в условиях 5-дневной засухи. Селенит повысил интенсивность процесса дыхания, вне зависимости от водоснабжения растений, сместил начальные пути дыхательного обмена в сторону апоптоми, тогда как в контроле преобладал гликолитический путь. Показано некоторое увеличение траты энергии дыхания на дыхание поддержания под влиянием селена как в оптимальных условиях, так и при стрессе. Установлено, что антиоксидант селен был более эффективным в действии на ростовую активность стебля и объём корневой системы в условиях засухи. Полученные результаты обсуждаются в связи с действием селена на содержание ауксинов.

Ключевые слова: антиоксидант селен, ауксины, качество дыхания, ростовые реакции, засуха, соя.

Для цитирования: Пузина Т.И., Легченко У.В., Макеева И.Ю. Влияние антиоксиданта селена на содержание ауксинов и качественные показатели процесса дыхания растений сои в условиях засухи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):64-70 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-64-70

EFFECT OF THE SELENIUM ANTIOXIDANT ON AUXIN CONTENT AND QUALITATIVE INDICATORS OF THE RESPIRATION PROCESS IN SOYBEAN PLANTS UNDER DROUGHT CONDITIONS

T.I. Puzina, U.V. Legchenko, I.Yu. Makeeva*

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
«I. S. TURGENEV OREL STATE UNIVERSITY»

*FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER
EDUCATION «SOUTH URAL STATE MEDICAL UNIVERSITY» OF THE MINISTRY OF
HEALTH OF THE RUSSIAN FEDERATION, Chelyabinsk

Abstract: *The effect of the selenium antioxidant on the content of the phytohormone auxins, respiration intensity and quality, and growth responses was studied in 30-day-old plants of the Zusha soybean variety grown under laboratory conditions, depending on water supply. Auxin content was determined by the bioassay method. Respiration intensity was assessed by the amount of CO₂ released in gas exchange vessels. Initial respiratory exchange pathways were determined using inhibitor analysis methods with the glycolysis inhibitor NaF. Functional components of respiration were determined by the difference in respiration in light and darkness. A significant (1.7-fold) increase in auxin content under the action of sodium selenite (5.8·10⁻³ mM) was revealed under optimal water supply conditions, and a decrease in their content under 5-day drought conditions. Selenite increased the intensity of the respiration process regardless of plant water supply, shifted the initial respiratory exchange pathways toward the alternative pathway (apoptome), whereas in the control, the glycolytic pathway predominated. Some increase in energy expenditure on maintenance respiration under the influence of selenium was shown both under optimal conditions and under stress. It was established that the selenium antioxidant was more effective in affecting stem growth activity and root system volume under drought conditions. The obtained results are discussed in connection with the effect of selenium on auxin content.*

Keywords: selenium antioxidant, auxins, respiration quality, growth responses, drought, soybean.

Введение

Одним из актуальных направлений современной физиологии растений является изучение физиолого-биохимической роли антиоксидантов в растительном организме как в оптимальных, так и в стрессовых условиях среды [1, 2]. Микроэлемент селен является важнейшим низкомолекулярным компонентом антиоксидантной защиты живых организмов. Селен относится к редко встречающимся в земной коре элементам, поэтому большинство почв содержит низкое количество данного микроэлемента (Т. Ylärinta (1993).

Имеющиеся в литературе сведения в основном посвящены действию солей селена на работу антиоксидантной системы, ростовые реакции и продуктивность растений [3, 4]. Отсутствуют данные о влиянии селена на качественные показатели процесса дыхания, а также о физиологическом механизме его действия на данный процесс в оптимальных и стрессовых условиях среды.

Растения сои на начальном этапе онтогенеза весьма чувствительны к засухе.

Цель работы – выявление действия антиоксиданта селена на содержание фитогормонов ауксинов, пути дыхательного обмена и его функциональные составляющие у растений сои в условиях засухи.

Материал и методы исследования

Объектом исследования служили 30-дневные растения сои сорта Зуша (*Glycine max* (L.) Merr.) селекции ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур.

Растения выращивали в кюветах с почвой «Универсальная для рассады» в условиях лаборатории Механизмы регуляции роста и развития растений Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева при температуре 20-22°C на 10-часовом фотопериоде. Варианты опыта включали: замачивание семян сои на шесть часов в 5.8·10⁻³ mM растворе селенита натрия. Контрольные семена замачивали в дистиллированной воде. Почвенную засуху создавали путем прекращения полива 30-дневных растений в течение 5 суток (влажность почвы составляла 30% от полной влагоёмкости). В оптимальных условиях водоснабжения растений поддерживали влажность 60% от полной влагоёмкости.

Содержание эндогенных ауксинов определяли методом биотестирования с последующим построением калибровочной кривой по индолилуксусной кислоте (ИУК). В качестве биотеста использовали зону растяжения coleoptилей пшеницы сорта Московская 39.

Интенсивность дыхания определяли по методике Т. К. Головки (1999), методом титрования по количеству выделяющегося CO₂ в сосудах для газообмена («Физприбор», Россия). Первоначальные пути дыхательного обмена определяли методом ингибиторного анализа, используя ингибитор гликолиза фторид натрия в концентрации 3·10⁻² M, который

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г. вводили в побеги путем вакуумной инфильтрации. В контрольные побеги вводили дистиллированную воду.

Функциональные составляющие – дыхание поддержания (Rm) и дыхание роста (Rg) определяли по методике О.М. Семихатовой (1995). О дыхании поддержания судили по выделению CO₂ после пребывания растений в течение 48 часов в темноте. Дыхание роста рассчитывали по разнице между дыханием на свету и в темноте.

Физиологические показатели 30-дневных растений исследовали в листьях второго и третьего ярусов. Ростовую активность высоты стебля рассчитывали по формуле: $R_{\text{акт}} = (a_2 - a_1) / (a_1 \cdot t) \cdot 100$, где a_1 – величина ростового показателя при первом измерении, a_2 – при втором измерении, t – время в сутках. Объем корневой системы определяли методом Сабинина и Колосова по объему выделенной воды (Н.Н. Третьяков, 1990). На рисунках представлены средние арифметические из пяти биологических повторностей и их стандартные ошибки. Аналитическая повторность – пятикратная. Достоверность результатов оценивали с помощью критерия Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности выше 0.95 (Г.Ф. Лакин, 1980).

Результаты и их обсуждение

Известно, что в регуляции физиолого-биохимических процессов важнейшее значение придается фитогормонам. Однако, данные по влиянию микроэлементов на их содержание и соотношение немногочисленны и противоречивы. Прежде всего это касается микроэлемента селена. Лишь в единичных исследованиях имеются сведения о его действии на содержание отдельных групп фитогормонов, например, в растениях картофеля, конопли [5, 3]. В литературе не найдены данные по влиянию селена на содержание фитогормонов в растениях сои.

В результате исследования выявлено увеличение в 1.7 раза содержания ауксинов в листьях сои в варианте с селенитом при оптимальном водоснабжении (рис. 1 а). В работе Т.И. Пузиной, проведенной на растениях картофеля, также было показано возрастание (на 78%) количества индолилуксусной кислоты в результате обогащения посадочных клубней селеном [5]. Положительное действие селена на содержание ИУК, по данным S.C. Kwid (1989), может быть связано с ингибированием фермента ИУК-оксидазы.

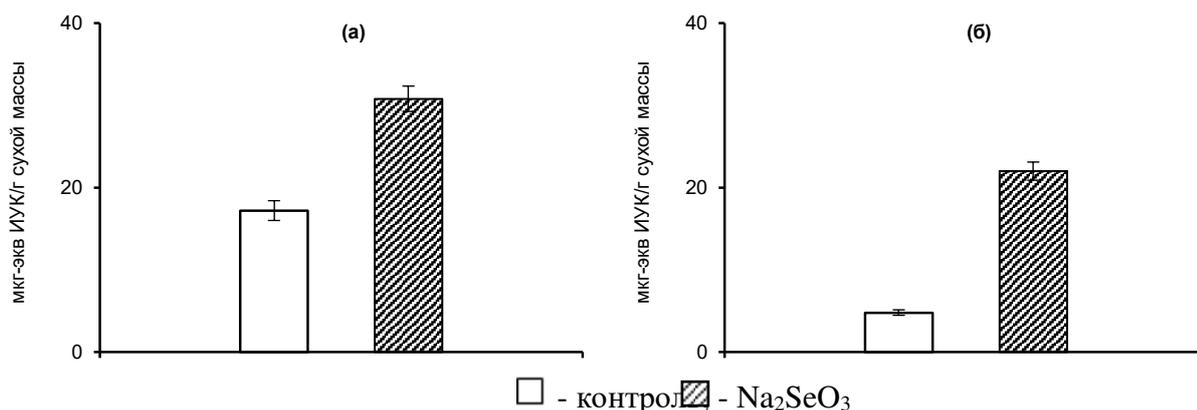


Рис. 1. Влияние селенита натрия на содержание ауксинов в листьях 30-дневных растений сои:

а. – оптимальное водоснабжение, б. – 5-дневная засуха.

Пятидневная засуха вызвала уменьшение количества фитогормонов ауксинов (рис. 1б), причем в большей степени в контрольном варианте – в 3.5 раза против 1.4 у растений, обработанных селенитом. Таким образом, селен был более эффективен в действии на содержание ауксинов в стрессовых условиях. В исследованиях Т.И. Пузиной, М.А. Цукановой также показано, что 10-дневная почвенная засуха почти в восемь раз снизила

Дыхание – важное звено в энергетическом обмене растительного организма. Одновременно его интермедиаты используются в различных метаболических реакциях. Поэтому представляет интерес изучение влияния антиоксиданта селена на качественные показатели процесса дыхания в оптимальных и стрессовых условиях среды. Проведенное исследование показало, что на фоне увеличения содержания фитогормонов ауксинов в варианте с селеном интенсифицировался процесс дыхания на 74% в условиях оптимального водоснабжения 30-дневных проростков сои (рис. 2 а). Как известно, ауксины активизируют дыхательные ферменты. 5-дневная засуха, несмотря на снижение ауксинов, существенно (в 1.8 раза) увеличила интенсивность дыхания контрольных побегов, что является неспецифической реакцией на стресс (рис. 2 б). В этих условиях селенит сдерживал повышение интенсивности дыхания. Снижение составило 27% против контроля.

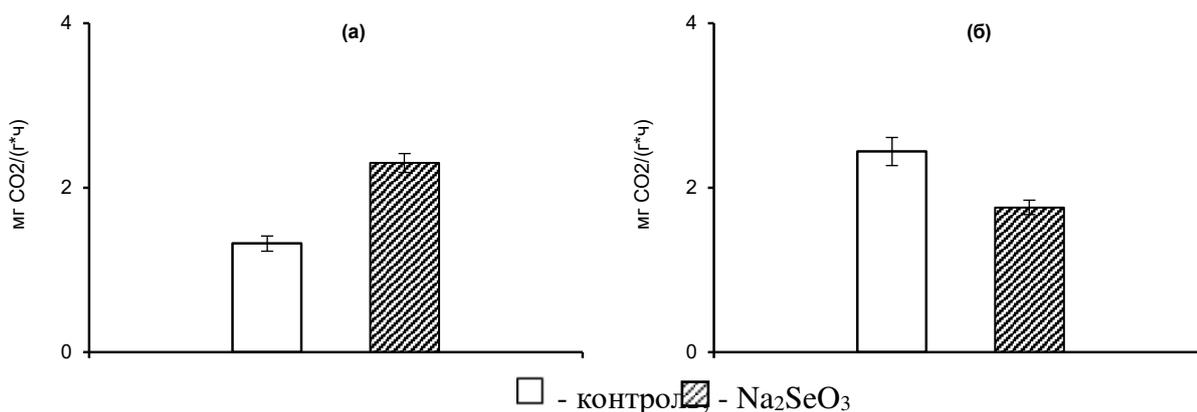


Рис. 2. Влияние селенита натрия на интенсивность дыхания листьев сои:
а. – оптимальное водоснабжение, б. – 5-дневная засуха.

Для характеристики процесса дыхания важно знать не только его интенсивность, но и качественные характеристики. Прежде всего – это начальные пути дыхательного обмена. Известно, что ингибитором гликолиза является фторид натрия, который при ингибировании дыхания на 50% и более указывает на преобладание гликолитического пути [7]. Из рис. 3 следует, что вне зависимости от водоснабжения проростков сои в контроле преобладал гликолитический путь, тогда как в варианте с селеном – апотомический (пентозофосфатный). На это указывает то, что процент ингибирования дыхания у растений, обогащенных селеном, составил менее 40%, тогда как в контроле – более 70%.

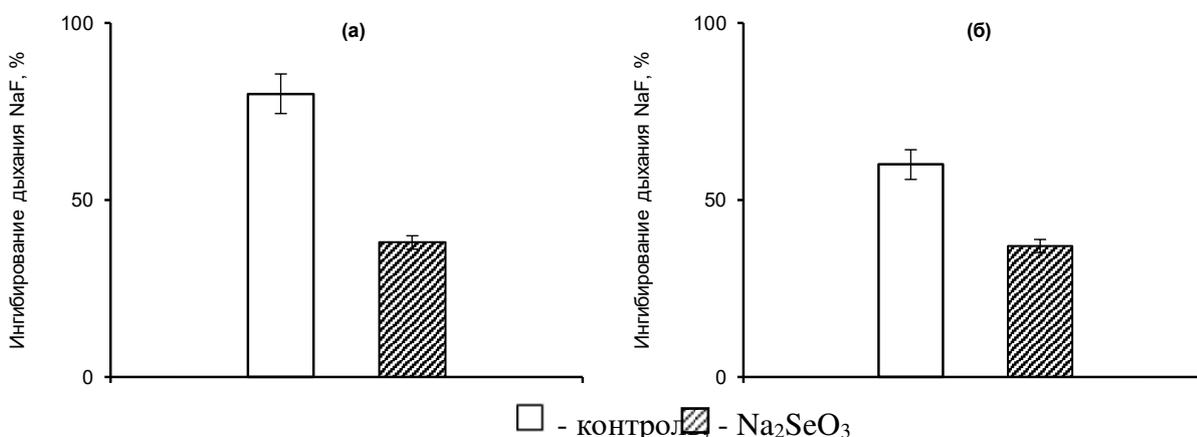


Рис. 3. Влияние селенита натрия на пути дыхательного обмена побегов сои:
а. – оптимальное водоснабжение, б. – 5-дневная засуха

Процесс дыхания состоит из двух функциональных составляющих: дыхания роста, обеспечивающего энергией процессы новообразования, и дыхания поддержания, которое снабжает энергией структурную организацию и обновление веществ уже существующей биомассы растений (О.А.Семихатова, 1995; Н.Н.Головкин, 1999). Полученные результаты свидетельствуют, что доля дыхания поддержания и дыхания роста у листьев сои в оптимальных условиях водоснабжения в контрольном варианте (рис. 4 а, б) была одинаковой и составляла 50%. Селенит несколько увеличил (на 15%) дыхание поддержания на фоне повышения содержания ауксинов (рис. 1 а), но снизил трату энергии на дыхание роста. Пятидневная засуха на 11% уменьшила R_m в контроле (рис. 4 в), однако в этих условиях антиоксидант сохранил стимулирующий эффект на дыхание поддержания. Дыхание роста (R_g) практически не отличалось от оптимальных условий водоснабжения как в контрольном варианте, так и обогащенном селеном (рис. 4 г).

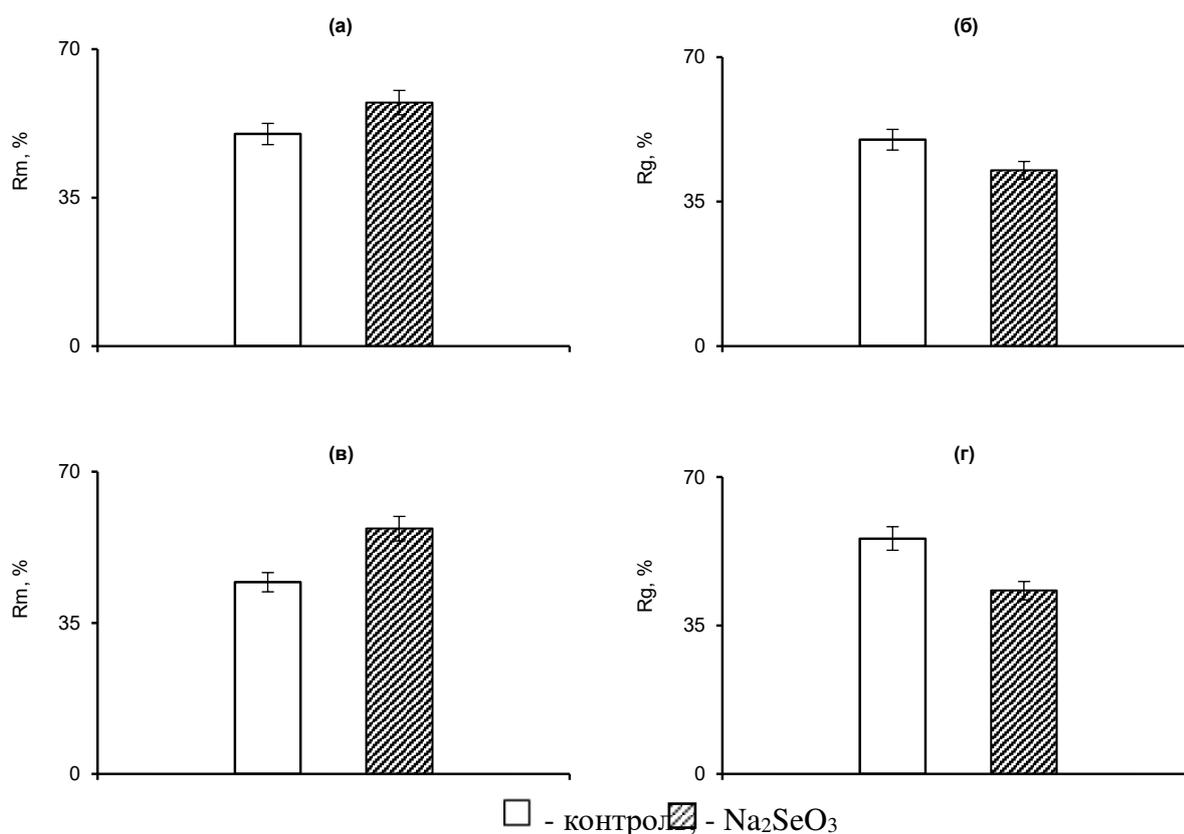


Рис. 4. Влияние селенита натрия на дыхание поддержания (R_m) и дыхание роста (R_g) побегов сои:

а. – оптимальное водоснабжение, б. – 5-дневная засуха

Рост является интегральным процессом в растительном организме. Данные литературы по влиянию селена на рост растений противоречивы. Это связано со способом обработки, применяемой концентрацией. Из рис. 5 следует, что кратковременная засуха в 1.7 раза снизила ростовую активность высоты стебля сои. В оптимальных условиях водоснабжения селен в 1.5 раза увеличил данный показатель. Большой стимулирующий эффект антиоксидант селен проявил в стрессовых условиях. Увеличение против контроля составило 2.6 раза.

Для бобовых растений большое значение имеет формирование корневой системы, так как на ней формируются клубеньки, в которых происходит процесс азотфиксации. Обогащение растений сои селеном повлияло не только на рост побега, но и на корневую систему (рис. 6), а именно увеличило количество боковых корней и объем корневой системы в 1.5 раза в оптимальных условиях (рис. 6 а, в).

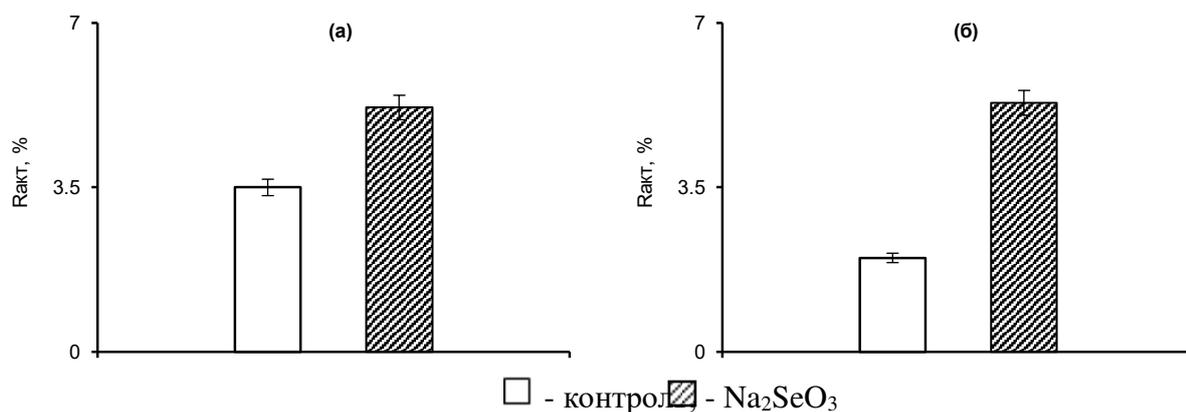


Рис. 5. Влияние селенита натрия на ростовую активность (Rakt) высоты стебля сои: а. – оптимальное водоснабжение, б. – 5-дневная засуха

Это происходило на фоне повышения содержания ауксинов, регулирующих процесс ризогенеза. В стрессовых условиях несколько уменьшилось количество боковых корней и объем корневой системы (рис. 6б, г). При этом, как и в случае с ростовой активностью стебля, селен был более эффективен в действии на объем корневой системы при засухе. Так, увеличение составило два раза против контроля, а в оптимальных условиях – 1.5 раза.

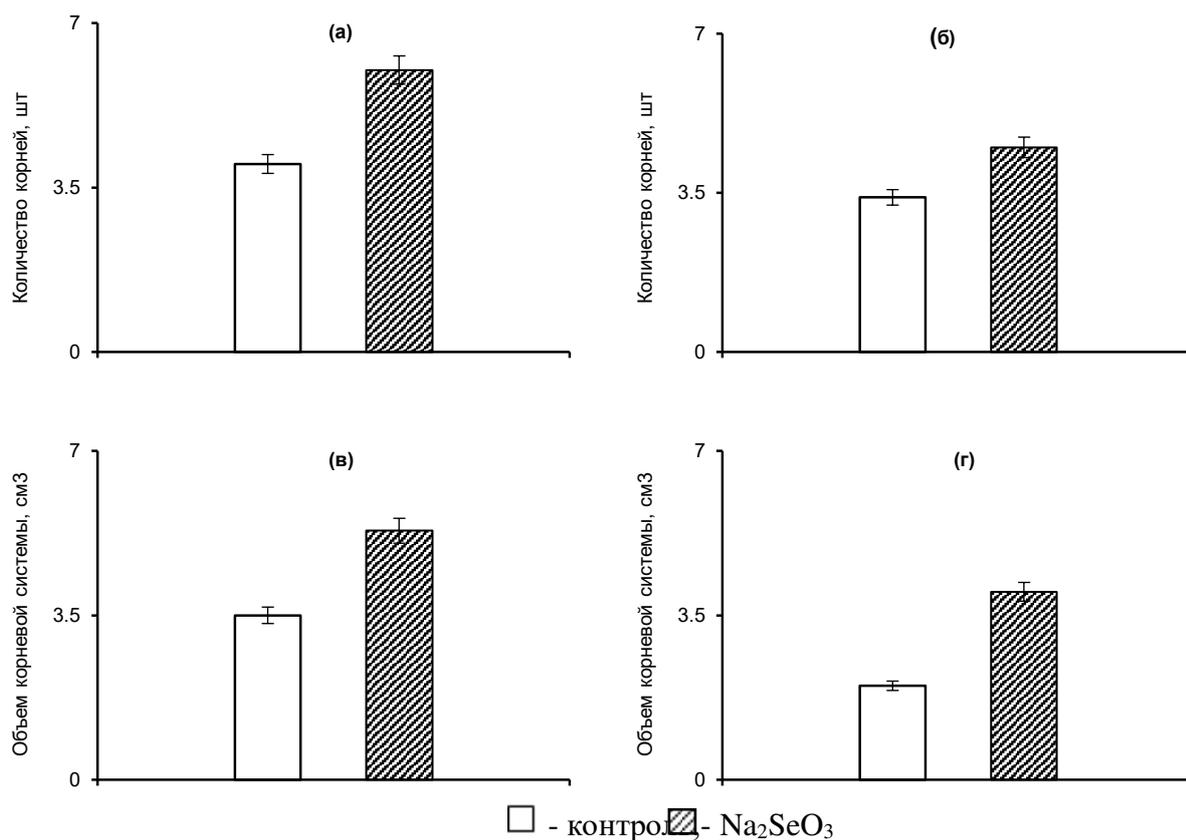


Рис. 6. Влияние селенита натрия на количество боковых корней и объем корневой системы сои. а, в. – оптимальное водоснабжение, б, г. – 5-дневная засуха:

Заключение

Таким образом, обогащение растений сои антиоксидантом селеном увеличивает содержание фитогормонов ауксинов при оптимальном водоснабжении и существенно сдерживает их снижение в условиях засухи. Выявлено повышение интенсивности дыхания в варианте с селенитом, смещение начальных путей дыхательного обмена в сторону апотомии, а также некоторое увеличение траты энергии на дыхание поддержания (Rm). В условиях засухи селен уменьшает стрессовое увеличение интенсивности дыхания, не изменяет начальные пути дыхательного обмена и сохраняет стимулирующий эффект на дыхание поддержания. Обогащение растений селеном увеличивает ростовую активность высоты стебля и объем корневой системы. Большой положительный эффект обнаружен в стрессовых условиях.

Литература

1. Кузнецов В.В., Холодова В.П., Кузнецов В.В., Ягодин Б.А. Селен регулирует водный статус растений при засухе. // Доклады Академии наук. – 2003. – Т. 390. – №. 5. – С. 713-715.
2. Klein A., Keyster M., Ludidi N. Caffeic acid decreases salinity-induced root nodule superoxide radical accumulation and limits salinity-induced biomass reduction in soybean. // *Acta physiologiae plantarum*. – 2013. – Т. 35. – №. 10. – P. 3059-3066. DOI 10.1007/s11738-013-1339-1.
3. Солдатов С. А. Влияние селената натрия на рост, развитие и проявление пола у двудомных растений конопли (*Cannabis sativa* L.): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: МСХА. 2005. 28 с.
4. Серегина И.И., Ниловская Н.Т. Продуктивность и устойчивость яровой пшеницы в условиях окислительного стресса при применении селена. // *Агрохимия*. – 2015. – №. 3. – С. 56-63.
5. Пузина Т.И., Прудников П.С., Якушкина Н.И. Влияние селена на гормональный баланс и фотосинтетическую деятельность растений картофеля. // Доклады РАСХН. – 2005. – №. 6. – С. 7-9.
6. Пузина Т.И., Цуканова М.А. Влияние почвенной засухи на гормональную и антиоксидантную систему *Solanum tuberosum* в зависимости от обработки селенитом. // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. – 2008. – №. 2. – С. 51-56.
7. Plaxton W. C., Podestá F. E. The functional organization and control of plant respiration. // *Critical Reviews in Plant Sciences*. – 2006. – V 25. – №. 2. – P. 159-198. DOI 10.1080/07352680600595876.

References

1. Kuznetsov V.V., Kholodova V.P., Kuznetsov V.V., Yagodin B.A. Selen reguliruet vodnyi status rastenii pri zasukhe. *Doklady Akademii nauk*. 2003, Vol. 390, no. 5, pp. 713-715. (In Russian)
2. Klein A., Keyster M., Ludidi N. Caffeic acid decreases salinity-induced root nodule superoxide radical accumulation and limits salinity-induced biomass reduction in soybean. *Acta physiologiae plantarum*, 2013, Vol. 35, no. 10, pp. 3059-3066. DOI 10.1007/s11738-013-1339-1.
3. Soldatov S.A. Vliyanie selenata natriya na rost, razvitie i proyavlenie pola u dvudomnykh rastenii konopli: (*Cannabis sativa* L.): Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. Moscow: MSKHA. 2005, 28 p. (In Russian)
4. Seregina I.I., Nilovskaya N.T. Produktivnost' i ustoichivost' yarovoi pshenitsy v usloviyakh okislitel'nogo stressa pri primenenii selenena. *Agrokhimiya*, 2015, no. 3, pp. 56-63. (In Russian)
5. Puzina T.I., Prudnikov P.S., Yakushkina N.I. Vliyanie selenena na gormonal'nyi balans i fotosinteticheskuyu deyatel'nost' rastenii kartofelya. *Doklady RASKHN*, 2005, no. 6, pp. 7-9. (In Russian)
6. Puzina T.I., Tsukanova M.A. Vliyanie pochvennoi zasukhi na gormonal'nyuyu i antioksidantnyuyu sistemu *Solanum tuberosum* v zavisimosti ot obrabotki selenitom. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta*. Seriya: estestvennyye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki, 2008, no. 2, pp. 51-56. (In Russian)
7. Plaxton W.C., Podestá F.E. The functional organization and control of plant respiration. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2006, Vol. 25, no. 2, pp. 159-198. DOI 10.1080/07352680600595876.

ФАКТОР ПИТАНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НОВЫХ СОРТОВ ФАСОЛИ В УСЛОВИЯХ ЦФО

С.Ю. СОРОКИНА, старший научный сотрудник, ORCID 0009-0001-8953-5591

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация: В данной статье приводятся экспериментальные данные по определению влияния различных форм и способов внесения удобрений на продуктивность новых сортов фасоли обыкновенной селекции ФНЦ ЗБК: Кушава, Маркиза, Стрела. В результате исследований получены данные, позволившие при различных погодных условиях определить роль предпосевного внесения $N_{75}P_{50}K_{62}$ на планируемую урожайность 3 т/га и листовой подкормки в фазы: 2-3 листьев органоминеральными удобрениями Ультрамаг Комби (1 л/га) + Биостим Зерновой (1 л/га) + Ультрамаг Молибден (0,5 л/га); бутонизации удобрениями Ультрамаг Комби (1 л/га) + Биостим Зерновой (1 л/га) в формировании урожая. Методом проведения учетов в период вегетации выявлены различия в динамике линейного роста и зеленой массы фасоли в зависимости от фактора питания. Выявлено достоверное увеличение урожайности фасоли в среднем за три года на 36,2% при предпосевном внесении удобрений и на 11,1% – при внекорневых подкормках. Определены сортовые различия в эффективности использования удобрений. Установлено, что применение удобрений является одним из факторов, позволяющих реализовывать потенциальную семенную продуктивность фасоли обыкновенной сортов Маркиза, Кушава, Стрела.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, сорт, предпосевное внесение удобрений, внекорневые подкормки, Ультрамаг Комби, Биостим Зерновой, Ультрамаг Молибден, урожайность, структурный анализ.

Для цитирования: Сорокина С.Ю. Фактор питания в реализации генетического потенциала новых сортов фасоли в условиях ЦФО. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):71-78 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-71-78

NUTRITIONAL FACTOR IN THE REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF NEW BEAN VARIETIES IN CONDITIONS OF CENTRAL FEDERAL DISTRICT

S. Yu. Sorokina

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: This article presents experimental data of research to determine the impact of various forms and methods of fertilizer application on the productivity of new varieties of common beans bred by the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of Crops and Vegetable Crops: Kupava, Markiza, and Strela. As a result of the research, data were obtained that made it possible to determine, under various weather conditions, the role of pre-sowing application of $N_{75}P_{50}K_{62}$ for the planned yield of 3 tons and foliar feeding in the 2 - 3 leaf phase with organomineral fertilizers Ultramag Combi, 1 l/ha + Biostim Grain, 1 l/ha + Ultramag Molybdenum, 0.5 l/ha; budding with Ultramag Combi, 1 l/ha + Biostim Grain, 1 l/ha fertilizers in crop formation. Using crop censuses during the growing season, differences in the linear growth and green mass dynamics of beans were identified depending on nutritional factors. A significant increase in bean yield over three years was found, on average, by 36.1 % with pre-planting fertilizer application and by 11% with foliar feeding. Varietal differences in fertilizer efficiency were identified. It was found that fertilizer application maximizes the potential seed production of common bean varieties Markiza, Kupava, and Strela.

Keywords: Common beans, variety, pre-sowing fertilization, foliar fertilizers, Ultramag Combi, Biostim Grain, Ultamag Molybdenum, yield, structural analysis.

Введение

Фасоль обыкновенная является ценной продовольственной культурой, а изучение новых сортов и адаптация их к условиям региона – актуальной задачей. Регулярно появляются новые высокотехнологичные урожайные сорта, соответствующие актуальным требованиям производителей [1]. Стабильность получения высокого урожая хорошего потребительского качества является одним из таких требований, следовательно, при наличии высокоурожайных сортов при возделывании культуры следует принимать во внимание множество аспектов: метеорологические условия региона возделывания, сроки, способы посева, предшественники и пр. Одним из важнейших факторов реализации генетического потенциала новых сортов является уровень питания. При недостатке плодородия почвы, его можно компенсировать созданием оптимальных условий питания растений посредством применения различных форм и способов внесения удобрений, в том числе предпосевным внесением и листовыми подкормками удобрительными комплексами в разные фазы роста и развития растений [2].

Таким образом, совершенствование агротехнических приёмов на основе глубокой разработки системы минерального питания с учетом сортовых различий остается актуальным. Поэтому для реализации генетического потенциала сорта, необходимо изучать и подбирать соответствующие ему формы, дозы, способы внесения удобрений, что должно повысить урожайность, качество урожая и обеспечить стабильность продуктивности при неблагоприятных факторах среды [1, 3, 4, 5].

Цель исследований – изучить влияние предпосевного внесения удобрений и листовых подкормок вегетирующих растений на урожайность фасоли сортов Стрела, Маркиза, Купава (форм и способов внесения удобрений).

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2022-2025 гг. в севообороте лаборатории агротехнологий и защиты растений ФНЦ ЗБК в Орловской области. Почва четырёхпольного севооборота лаборатории тёмно-серая лесная тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном горизонте (по Тюрину) 3,63%, общего азота – 17,69, подвижного фосфора (P_2O_5) (по Кирсанову) – 21,0; обменного калия (K_2O) (по Кирсанову) – 15,3 мг/100 г почвы. Сумма поглощённых оснований – 22-24 мг/экв. на 100 г почвы; рН солевой вытяжки – 5,22. Рельеф слабо выражен, склон северный. Предшественник – озимая пшеница.

Полевые опыты закладывали на делянках с учетной площадью 12 м². Повторность четырехкратная. Способ размещения опытных делянок рендомизированный (Б.А. Доспехов, 1985). Технология возделывания фасоли общепринятая для Орловской области. Способ посева широкорядный (45 см) сеялкой СКС-6-10, с нормой высева 350 тыс. всхожих семян на гектар во 2 – й декаде мая. Способ уборки – прямое комбайнирование – «ZORN – 150». Учёт урожая - поделяночный.

Схема опыта предусматривала внесение весной в почву минеральных удобрений $N_{75}P_{50}K_{62}$ на планируемый урожай 3 т/га и листовой подкормки в фазу 2-3 листьев органоминеральными удобрениями Ультрамаг Комби (1 л/га) + Биостим Зерновой (1 л/га) + Ультрамаг Молибден (0,5 л/га); в фазу бутонизации – удобрениями Ультрамаг Комби (1 л/га) + Биостим Зерновой (1 л/га) на сортах фасоли обыкновенной Купава, Маркиза, Стрела.

Для учетов и наблюдений использовалась Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985), статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по Б.А. Доспехову (1986).

Результаты исследований и обсуждение

Погодные условия 2022-2025 гг. характеризовались холодной весной, в мае средняя температура воздуха была на 0,6-2,5°C ниже среднемноголетней. В 2022 году температурный режим на протяжении всего вегетационного периода превышал среднемноголетние значения на 2,3-3,5°C при недостатке суммы осадков, составлявших 71,9-19,4% от среднемноголетних

данных. В 2023 году температуры вегетационного периода были приближены к среднемноголетним показателям, но осадки выпадали неравномерно: в период проведения внекорневых подкормок засушливые (до 88,7% ниже нормы) первые две декады июня сменились обильными осадками в третьей (на 65% выше нормы). Период вегетации по ГТК 2024 года можно охарактеризовать как слабую засушливость. Вторая половина августа была жаркая и сухая, что способствовало раннему созреванию и уборке. В 2025 году периоды сильной засушливости (май, июль) сменялись избыточным увлажнением (июнь, август), что неблагоприятно сказалось на эффективности фолиарных подкормок и урожайности в целом (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические данные в период вегетации 2022-2025 гг.

Основные показатели	Месяцы и декады											
	Май			Июнь			Июль			Август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, средняя многолетняя (1991-2020 гг.), °С	12,6	14,3	15,8	17,0	17,9	18,8	19,5	20,0	20,1	19,7	18,6	17,1
2022	10,2	12,0	11,5	18,0	18,6	20,5	21,3	16,5	19,5	21,1	21,9	22,2
2023	8,1	15,1	15,3	15,6	18,3	17,4	20,7	17,8	19,2	22,2	21,0	18
2024	9,7	10,5	18,1	19,5	19,8	19,2	23,4	23,8	19,4	18,3	18,8	22,2
2025	9,8	11,5	19,1	18,8	15,1	14,6	20,7	22,3	21,4	19,3	16,6	14,7
Осадки, средние многолетние (1991-2020 гг.), мм	15,0	16,0	17,0	15,0	23,0	27,0	27,0	32,0	28,0	15,0	18,0	22,0
2022	3,9	21,9	25,3	2,40	18,6	31,5	6,6	46,0	10,9	13,3	6,1	12,8
2023	8,2	0,0	16,8	1,7	9,6	44,6	13,5	6,8	57,0	14,6	14,8	14,5
2024	34,9	17,4	13,6	19,3	36,3	11,8	36,5	20,4	22,6	21,1	7,9	10,2
2025	8,2	6,4	13,7	38,6	34,8	47,0	3,3	12,3	24,4	43,6	9,5	67,4

Учеты биометрических показателей растений фасоли сорта Маркиза в период вегетации (2022-2024 гг.) показали, что внесение основного удобрения способствовало увеличению высоты растений на 10% в фазу цветения, на 18% – в фазу налива и вес зеленой массы на 50% и 56% соответственно. Внесение внекорневых удобрений увеличивало высоту растений в незначительной степени (на 2%); вес зеленой массы на 26% (27% и 25% в периоды цветения и налива зерна соответственно) (табл. 2).

Таблица 2

Динамика линейного роста и зеленой массы фасоли сорта Маркиза в зависимости от фактора питания, ср. за 2022-2024 гг.

Сорт	Вариант	Длина растения, см		Вес зеленой массы, г	
		Фаза цветения	Фаза налива	Фаза цветения	Фаза налива
Маркиза	Контроль	21,4	33,5	9,5	25,2
	НРК	24,3	39,4	14,3	39,2
	ВКУ	21,7	34,2	12,1	31,6

*ВКУ – внекорневые удобрения

Учеты биометрических показателей растений фасоли сорта Купава в период вегетации 2023-2025 гг. показали, что внесение основного удобрения способствовало увеличению высоты растений на 17% в фазу цветения, на 13% – в фазу налива. Растения фасоли на данных вариантах имели более интенсивную зеленую окраску листьев (рис. 1), что сказывалось на увеличении веса зеленой массы: на 35% в фазу цветения и на 81% в фазу



Рис. 1. Влияние фактора питания на биометрические показатели фасоли обыкновенной сорта Купава, 2025 г.

Слева – контроль; справа – предпосевное внесение $N_{75}P_{50}K_{62}$ на планируемый урожай 3т/га

Внесение NPK перед посевом фасоли сорта Стрела способствовало увеличению высоты растений на 11% в обе фазы; веса зеленой массы на 22% в фазу цветения; в фазу налива – на 54%. Тогда как листовая подкормка органоминеральными удобрениями способствовала увеличению высоты растений лишь в фазу налива на 5%, а вес зеленой массы в среднем на 12%: на 4% в фазу цветения; в фазу налива – на 20% (табл. 3).

Таблица 3

Динамика линейного роста и зеленой массы фасоли сортов Купава, Стрела в зависимости от фактора питания, ср. за 2023-25 гг.

Сорт	Вариант	Длина растения, см		Вес зеленой массы, г	
		Фаза цветения	Фаза налива	Фаза цветения	Фаза налива
Купава	Контроль	20,9	29,8	16,8	22,7
	NPK	24,6	33,7	22,7	41,0
	ВКУ	21,9	33,5	20,5	28,8
Стрела	Контроль	24,0	36,8	13,0	23,2
	NPK	26,7	40,8	15,8	35,8
	ВКУ	24,3	38,7	13,5	27,8

В целом, выявлено, что внесение основного удобрения в почву способствовало увеличению высоты растений фасоли в среднем на 14%, веса зеленой массы 49%, в то время как использование ВКУ приводило к увеличению высоты растений фасоли на 4%, веса зеленой массы 21%.

Следовательно, предпосевное внесение минерального удобрения в большей степени влияет на динамику линейного роста растений фасоли обыкновенной, что вероятно, сказывается на продуктивности растений, а внесение ВКУ повышает вес зеленой массы в меньшей степени и почти не увеличивает высоту растений.

Изучение влияния различных форм удобрений и способов их внесения на продуктивность новых сортов фасоли за период 2022-2025 гг. выявило, что предпосевное

внесение $N_{75}P_{50}K_{62}$ на планируемый урожай 3 т/га способствовало повышению урожайности фасоли обыкновенной в среднем на 36,2%, внекорневые подкормки – на 11,1%.

Урожайность фасоли сорта Маркиза увеличилась в среднем на 32,3%. Тенденция является устойчивой и мало зависит от погодных факторов. Листовая подкормка органоминеральными удобрениями способствовала увеличению урожая в меньшей степени, так как находится в большей зависимости от погодных условий, значимость которых для формирования урожая составляла 32,3%. Так в 2023 году внесение ВКУ способствовали незначительному увеличению урожайности – на 4,5% (табл. 4), что может быть связано с особенностями погодных условий в 2023 г. (табл. 1): засушливая погода в I и II декадах июня, когда проводились внекорневые подкормки, не способствовала усвоению растениями питательных веществ через лист. В то время как в 2024 году подкормки проводились в периоды, когда осадков было достаточно, что способствовало прибавке урожая до 36,8%. Средняя прибавка урожая при внесении внекорневых удобрений составила 19,1% (табл. 4).

Структурный анализ снопового материала подтвердил достоверное увеличение урожайности фасоли за счет повышения количества бобов, семян на 1 растение и массы 1000 семян при использовании изучаемых приемов (табл. 4). Внесение удобрений в среднем увеличило количество: бобов с растения – на 11%, семян с растения на 33%; массы 1000 семян на 5%.

Внекорневые подкормки в меньшей степени способствовали увеличению этих показателей: количество бобов с растения – на 14%, семян с растения – на 15%; массы 1000 семян – на 2,5%.

В 2023-25 гг. изучение вышеуказанных приемов на сортах Купава и Стрела выявило аналогичную закономерность: при предпосевном внесении удобрения урожайность сорта Купава увеличивалась в среднем на 35,4%, а при листовой подкормке органоминеральными удобрениями – на 7,7%.

Полученные данные подтверждаются структурным анализом снопового материала (табл. 5). Под влиянием предпосевного внесения удобрений у растений фасоли сорта Купава увеличились такие показатели семенной продуктивности как: количество бобов с растения – на 19%, зерен с растения – на 18%; массы 1000 зерен – на 7%. Листовые подкормки препаратами Ультрамаг Молибден 0,5л/га; Ультрамаг Комби 1л/га; Биостим Зерновой также способствовали увеличению данных показателей, но в меньшей степени: количество бобов с растения – на 16%, зерен с растения – на 17%; массы 1000 зерен – на 3%.

Предпосевное внесение $N_{75}P_{50}K_{62}$ на планируемый урожай 3т/га достоверно повысило урожайность фасоли сорта Стрела на 40,9%. Листовая подкормка органоминеральными удобрениями способствовала увеличению урожайности на 6,4% (табл. 5).

Предпосевное внесение удобрений на сорте Стрела способствовало увеличению количества: бобов с растения – на 19%, зерен с растения – на 28%; массы 1000 зерен – на 10%. Внекорневые подкормки: количество бобов с растения увеличилось на 8%; количество зерен с растения – на 5%; масса 1000 зерен – на 3% (табл. 5).

Таблица 4

Влияние фактора питания на семенную продуктивность фасоли обыкновенной сорта Маркиза

№ п/п	Сорт	Варианты	Количество		Масса 1000 семян	2022 г.			2023 г.			2024 г.			Средняя урожайность	Средний % прибавки
			Бобов растения	Семян растения		Урожайность т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка			
							т/га	%		т/га	%		т/га	%		
1	Маркиза	Контроль	9,1	31,1	310,9	2,63	-	-	2,02	-	-	1,50	-	-	2,05	-
2		НРК	10,1	41,4	326,9	3,44	0,81	31	2,68	0,66	32,6	2,00	0,50	33,2	2,71	32,3
3		ВКУ*	10,4	35,9	318,8	3,05	0,42	16	2,11	0,09	4,5	2,05	0,55	36,8	2,40	19,1
НСР ₀₅ – т/га						0,3			0,40			0,31				

Таблица 5

Влияние фактора питания на семенную продуктивность фасоли обыкновенной сортов Купава, Стрела

№ п/п	Сорт	Варианты	Количество		Масса 1000 семян	2023 г.			2024 г.			2025 г.			Средняя урожайность т/га	Средний % прибавки
			Бобов растения	Семян растения		Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка			
							т/га	%		т/га	%		т/га	%		
4	Купава	Контроль	6,2	18,6	511,7	1,61	-	-	1,67	-	-	1,82	-	-	1,70	-
5		НРК	7,7	21,9	549,7	2,32	0,71	44,1	1,87	0,2	12,0	2,73	0,91	50,0	2,30	35,4
6		ВКУ*	7,2	21,7	527,6	1,71	0,1	6,2	1,86	0,19	11,4	1,92	0,1	5,5	1,83	7,7
НСР ₀₅ – т/га						0,21			0,10			0,10				
7	Стрела	Контроль	13,0	42,2	248,8	1,99	-	-	1,97	-	-	2,17	-	-	2,04	-
8		НРК	15,5	54,2	273,7	2,84	0,85	42,7	2,51	0,54	27,4	3,31	1,14	52,5	2,89	40,8
9		ВКУ*	14,1	44,2	256,7	2,14	0,15	7,5	2,22	0,25	12,7	2,15	-0,02	-0,9	2,17	6,4
НСР ₀₅ – т/га						0,37			0,09			0,15				

Выявлены сортовые различия в эффективности удобрений. Наибольшую стабильность в эффективности предпосевного внесения NPK показал сорт Маркиза (31-33%); наибольшую вариабельность сорт Купава (12-50%); максимальную эффективность – сорт Стрела (в среднем 41%). Наиболее эффективно внекорневые подкормки проявили себя на фасоли сорта Маркиза (19%) (рис. 2).

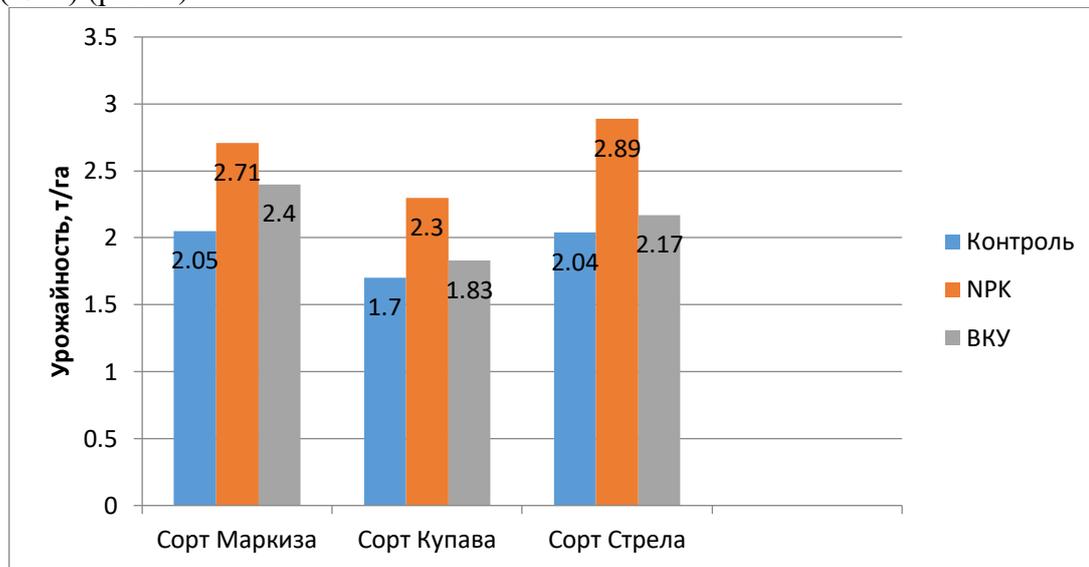


Рис. 2. Влияние фактора питания на урожайность фасоли обыкновенной сортов Маркиза, Купава, Стрела (среднее за 2022-2025 гг.)

*ВКУ – внекорневые удобрения

Установлено, что предпосевное внесение $N_{75}P_{50}K_{62}$ на планируемый урожай 3 т/га является более эффективным, но в случае ограничения количества туков или иных причин невозможности внесения, внекорневые подкормки при оптимальных погодных условиях способны оптимизировать минеральное питание в вегетационный период, частично компенсируя снижение урожайности.

Заключение

Таким образом, в результате проведённых исследований выявлено, что урожайность фасоли обыкновенной при предпосевном внесении удобрения увеличивалась в среднем на 36,2%. Тенденция являлась устойчивой, но зависела от погодных факторов от 2,2% до 48%. Наибольшую стабильность в эффективности предпосевного внесения удобрения показал сорт Маркиза (31-33,2%); наибольшую вариабельность сорт Купава (12,0-50,0%); максимальную эффективность – сорт Стрела (в среднем 40,8%).

Листовая подкормка органоминеральными удобрениями способствовала увеличению урожая в меньшей степени, её эффективность в большей степени зависит от погодных условий. Средняя прибавка урожая при внесении внекорневых удобрений составила 11,1%. Наиболее отзывчивым на внекорневые подкормки был сорт фасоли Маркиза, эффективность составила 19,1%.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FGZZ-2022-0002) и (FGZZ-2025-0010).

Литература

1. Сорокина С.Ю. Эффективность способов внесения удобрений в формировании урожая и повышении устойчивости к болезням фасоли // Сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 4(16). – С. 54-63. – DOI 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.16.2023.
2. Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Хрыкина Т.А., Михалева Е. С. Эффективность применения органического удобрения Биоклад при выращивании сои в условиях ЦФО. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2023. - № 4(48). – С. 11-19. – DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-11-19.

3. Голопятов М.Т. Роль минерального азота в реализации генетического потенциала сортов гороха, различающихся по архитектонике листового аппарата. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – № 4 (32). – С. 41-46. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11130. 5.
4. Кейних Т.В., Склярова М.А. Определение норм удобрений для различных сортов зерновой фасоли на основе прямого использования результатов полевого опыта. // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2019. – № 2 (34). – С. 29-35.
5. Акулов А.С. Влияние различных форм и способов применения удобрений и средств защиты растений в реализации генетического потенциала новых сортов гороха. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2024. – № 4(52). – С. 35-38. – DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-35-38.

References

1. Sorokina S.Yu. Efficiency of fertilizer application to the crop and increasing resistance to bean diseases. *Sel'skokhozya'stvenny zhurnal*. 2023, no. 4 (16), pp. 54-63, DOI 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.16.2023.
2. Zotikov V.I., Zubareva K.Yu., Khrykina T.A., Mikhaleva E.S. Efficiency of using organic fertilizer Bioklad in growing soybeans in the Central Federal District. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2023, no. 4 (48), pp. 11-19, DOI 10.24412/2309-348X-2023-4-11-19, EDN DSLDRK.
3. Golopyatov M. T. The role of mineral nitrogen in the implementation of the genetic potential of pea varieties differing in the architecture of the leaf apparatus. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no. 4 (32), pp. 41-46. DOI 10.24411/2309-348X-2019-11130.
4. Keinikh T.V., Sklyarova M.A. Determination of fertilizer standards for various varieties of haricot bean based on the direct use of field experiment results. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo Universiteta*. 2019, no. 2 (34), pp. 29-34.
5. Akulov A.S. Influence of various forms and methods of application of fertilizers and plant protection products in realizing the genetic potential of new pea varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no. 4 (52), pp. 35-38, DOI 10.24412/2309-348X-2024-4-35-38.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ И АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ РАЗНЫХ МОРФОБИОТИПОВ СОРТОВ ГРЕЧИХИ

В.А. СТЕБАКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: stebakovva@yandex.ru

В.И. МАЗАЛОВ*, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: mazalov-1958@mail.ru

В.Г. НЕБЫТОВ*, кандидат биологических наук, E-mail: nebuytov@yandex.ru

В.С. ШМАНЁВ**, аспирант

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

*ШАТИЛОВСКАЯ СХОС – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И
КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, ПОС. ШАТИЛОВО

** ФГБОУ ОРЛОВСКИЙ ГАУ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

Аннотация. Исследования выполняли с целью оценки урожайности и показателей адаптивных свойств разных морфотипов сортов гречихи в различных погодных условиях юго-восточной зоны Орловской области. Наибольший урожай зерна 2,1 т/га сформировал в 2025 году детерминантный сорт Диана (ФНЦ зернобобовых и крупяных культур), самый низкий в 2024 году – 0,9 т/га индетерминантный – Зилимская (ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН). В среднем за четыре года детерминантный сорт Диана превысил по урожайности сорта (т/га): Темп на 0,2, Девятку – на 0,5, Башкирскую красностебельную – на 0,6, Землячку – на 0,4, Зилимскую – на 0,7 и Яшлек – на 0,5. Среди изучаемых в 2022-2025 гг. выделен наиболее адаптированный к условиям юго-востока Орловской области сорт детерминантного морфотипа Диана, обладающий высокими показателями продуктивности – 1,9 т/га и адаптивных свойств: генетической гибкости (2,65 т/га), коэффициента адаптивности ($KA=1,65$), гомеостатичности ($Нот=0,19$), селекционной ценности ($Sc=1,45$), меньшим значением суммы (\sum рангов=20). Индетерминантный сорт гречихи Зилимская с низкой за четырехлетний период урожайностью (1,2 т/га), имеющий невысокие значения генетической гибкости (1,65 т/га), коэффициента адаптивности ($KA=0,79$), гомеостатичности ($Нот=0,07$), селекционной ценности ($Sc=0,07$), высокой вариабельностью ($V=18\%$) и большей суммой (\sum рангов=43) менее соответствовал условиям юго-востока региона. Выявлены статистически достоверные положительные корреляционные зависимости между средней урожайностью и коэффициентом адаптации (KA), $r=0,996$, компенсаторной гибкостью ($Y_{min} + Y_{max}/2$), $r=0,979$; между компенсаторной гибкостью ($Y_{min}+Y_{max}/2$) и селекционной ценностью (Sc), $r=0,957$ и коэффициентом адаптивности (KA), $r=0,980$.

Ключевые слова: гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench), сорт, урожайность, адаптивные свойства.

Для цитирования: Стебаков В.А., Мазалов В.И., Небытов В.Г., Шманёв В.С. Результаты оценки урожайности и адаптивных свойств разных морфобиотипов сортов гречихи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):79-87 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-79-87

RESULTS OF THE ASSESSMENT OF YIELD AND ADAPTIVE PROPERTIES OF DIFFERENT MORPHOTYPES OF BUCKWHEAT VARIETIES

V.A. Stebakov, V.I. Mazalov*, V.G. Nebytov*, V.S. Shmanev**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS
*SHATILOVO AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION – BRANCH OF FSBSI
FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, pos. Shatilovo

Abstract: *The studies were conducted to assess the yield and adaptive properties of different morphotypes of buckwheat varieties in various weather conditions of the southeastern zone of the Oryol Region. The highest grain yield of 2,1 t/ha was achieved by the determinate variety Diana in 2025 (Federal Research Center for legumes and goat crops), while the lowest yield of 0,9 t/ha was achieved by the indeterminate variety Zilimskaya in 2024 (Federal State Budgetary Scientific Institution Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences). On average, over the course of four years, the determinate variety Diana exceeded the yield of the following varieties (t/ha): Temp by 0,2, Devyatka by 0,5, Bashkirskaya Krasnostebel'naya by 0,6, Zemlyachka by 0,4, Zilimskaya by 0,7, and Yashlek by 0,5. Among the varieties studied in 2022-2025, the variety of the determinant morphotype Diana, which is most adapted to the conditions of the south-east of the Orel region, has high productivity indicators – 1,9 t/ha and adaptive properties: genetic flexibility (2,65 t/ha), coefficient of adaptivity ($KA = 1,65$), homeostaticity ($Hom = 0,19$), breeding values ($Sc = 1,45$), a smaller value of the sum ($\sum ranks = 20$). Statistically significant positive correlations were found between the average yield and the adaptation coefficient (KA), $r = 0,996$, compensatory flexibility ($Y_{min} + Y_{max}/2$), $r = 0,979$; between compensatory flexibility ($Y_{min} + Y_{max}/2$) and b value (Sc), $r = 0,957$, and the adaptation coefficient (KA), $r = 0,980$.*

Keywords: buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), yield, variety, adaptive properties.

Гречиха в Орловской области является основной крупяной продовольственной культурой. Крупа гречихи – ценный диетический продукт питания, благодаря содержанию легкопереваримых белков, минеральных солей, органических кислот, жира, витаминов группы Е, В и Р (рутина). Гречиха, медоносная культура, лучший предшественник для большинства культур в севообороте. Гречиха усваивает из почвы труднорастворимые соединения фосфора и калия, имеет короткий вегетационный период, ее как страховую культуру возделывают в поукосных и пожнивных посевах. Растянутое цветение и плодообразование растений гречихи, интенсивный рост и его возобновление после засухи и пониженных температур не способствуют технологичности ее возделывания. Препятствует росту посевных площадей невысокая, в сравнении с зерновыми, урожайность зерна. Анализ статистических данных за 1880 г. – 1884 г. и 1887 г. – 1902 г. свидетельствовал о тенденции снижения «размера» посевной площади гречихи в Орловской губернии с 140,4 до 90,3 тыс. десятин (П.А. Загорский, 1898). В связи с значительным сокращением ее посевной площади Департаментом Земледелия Министерства Земледелия и государственных имуществ была разработана в 1898 году программа научных исследований по культуре гречихи. По его заданию на Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции в 1900 г. начались экспериментальные исследования по испытанию, местной из имения Шатиловых «Моховое», «апрельской Пульмановской» Богородицкого опытного поля Курской губернии, «татарской», «серебристой (шотландской)» и «сибирской» гречихи. По данным В.В. Винера (1906) результаты свидетельствовали о более высоком урожае зерна «местной» и «сибирской» гречихи. С 1899 года, начато «систематическое улучшение местной гречихи усиленным отбором на крупность путем сортирования. Этот способ поднял действительно урожаи зерна настолько, что окружающие хозяйства быстро оценили качество семян, создав на гречиху опытной станции большие требования». Из отсортированной самой крупной фракции семян с наиболее высокой урожайностью зерна была выделена популяция, с которой началась селекционная работа. С организацией селекционного отдела в период с 1918 по 1923 гг. с данной популяцией, получившей название Богатырь была продолжена П.И. Лисицыным селекционная работа. Начиная с 1923 года организовано семеноводство, семена гречихи сорта Богатырь начали поступать в производство. С 1923 по 1929 гг. В.Н. Хохловым методом семейственного отбора выделены наиболее продуктивные семьи с целью улучшения сорта (В.Н. Хохлов, 1931). Далее Г.В. Копелькиевским (1951) с использованием переопыления, гибридизации, отборов, обновления семенного материала был значительно улучшен сорт Богатырь. Основным направлением этого периода селекции гречихи являлось

усиление развития растений, что привело к увеличению продолжительности вегетационного периода превосходившей исходную популяцию на две недели. Районированный в 1938 году и до настоящего времени сорт Богатырь является наилучшим представителем традиционного среднерусского морфотипа сортов гречихи. В период 1934-1940 гг. селекция гречихи на Шатиловской СХОС велась методом половинок с пространственной изоляцией. Были созданы сорта Орловская 2 и Скороспелая 3. В 1944-1951 гг. селекция проводилась методом индивидуально семейственного направленного отбора, по результатам создан сорт гречихи Шатиловская 4, районированный в 1956 году (Э.Д. Неттевич, Н.В. Фесенко, 1964). С 1959 года, большое значение придается созданию скороспелых сортов гречихи для возделывания в занятых парах и пожнивных посевах. На основе массового и негативного отборов, переопыления скороспелых биотипов был создан сорт Скороспелая 81, районированный в Орловской области для возделывания в занятом пару. С организацией Всесоюзного НИИ зернобобовых и крупяных культур самостоятельные селекционные работы по гречихе на Шатиловской СХОС с 1967 года были прекращены. С 1972 по 1988 гг. на Шатиловской СХОС селекционная работа с гречихой по созданию среднеспелых и скороспелых сортов велась в координации с ВНИИЗБК. По результатам совместной работы были районированы в 1985 году сорта гречихи Аромат, Баллада и Нектарница, с 1988 года – Орлица, в 1991 году – Курская 87, с 1991 года Скороспелая 86 и Снежеть. Совместная селекционная работа с ВНИИЗБК и испытания сортов гречихи на Шатиловской СХОС были возобновлены с 1996 года. В 2008 г. районирован, созданный ВНИИЗБК совместно с Шатиловской СХОС детерминантный сорт Диалог. С 2007 года проводятся экологические испытания сортов различных морфотипов гречихи селекционных учреждений РФ, адаптированных к неблагоприятным погодным условиям региона, обеспечивающих увеличение валовых сборов зерна культуры и улучшения качества продуктов ее переработки [1-4]. Существенное влияние на продуктивность растений гречихи оказывают сорт и технология ее возделывания. Необходимо увеличить посеvy сортов гречихи сочетающих повышенный морфологический потенциал урожайности с улучшенными показателями качества продукции, устойчивость к стрессовым явлениям засухи и высокой нектарной продуктивностью [5-14].

Цель исследований – изучение урожайности и показателей адаптивности разных морфотипов сортов гречихи в нестабильных погодных условиях юго-восточной зоны Орловской области.

Условия, материалы и методы

Исследования выполняли в 2022-2025 гг. на Шатиловской СХОС. Объектами исследования были сорта Темп, Девятка, Диана по габитусу соответствующие детерминантному сорто типу (ФНЦ зернобобовых и крупяных культур), Башкирская красностебельная, Зилимская, Землячка (ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН), Яшлек (ФГБУН ФИЦ Казанский научный центр РАН), соответствующие индетерминантному сорто типу, последний с преобладанием в составе популяций форм с фасциациями стебля и генеративной зоны.

Почва – выщелоченный тяжелого гранулометрического состава, среднемощный чернозем; рН – 5,5-5,7; содержание гумуса – 6,5-6,9% (по Тюрину); подвижного фосфора – 82-93 мг/кг и обменного калия (K_2O) 127-132 мг/кг почвы (по Чирикову). Предшественник – чистый пар, повторность 4- кратная, учетная площадь делянки 50 м². Обработка почвы включала – ранневесеннее боронование и две культивации. Удобрения были внесены под предпосевную культивацию в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг/га (P_{205}). Применяли азотные – Наа, фосфорные – Рсд и калийные – Кх минеральные удобрения. Сев культуры проводили сеялкой СН-16 (12.05-22.05) с нормой высева 3 млн всхожих семян на 1 га. В течение вегетации проводили учеты, наблюдения и оценку сортов в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Уборку урожая осуществляли (9.08-30.08) в фазе полной уборочной спелости поделаноно комбайном Сампо 130.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову (2019), коэффициент линейной регрессии (b_i) и среднеквадратическое отклонение

(S_i^2) урожайности выполняли по Эберхарту и Раселлу в редакции Пакудина с соавторами (1984), устойчивость к стрессу ($Y_{min}-Y_{max}$) и компенсаторную способность ($(Y_{min} + Y_{max})/2$) – по А.А. Rossielle и S. Hemblin (1981) в изложении А.А. Гончаренко (2005), коэффициент адаптивности (КА) – по Животкову и соавт. (1984), гомеостатичность (Ном) и селекционную ценность (Sc) определяли по Хангильдину (1977), показатель относительной стабильности (St^2) по Соболеву (1980).

Результаты и обсуждение

В Орловской области основным фактором, влияющим на объемы производства гречихи, остается невысокая урожайность зерна в неблагоприятных погодных условиях, обусловленных весенними и весенне-летними засухами, заморозками, неравномерным выпадением осадков в период формирования плодов. С 2018 по 2024 гг. в Орловской области наметилась тенденция снижения посевной площади с 52,2 тыс. га до 41,1 тыс. га и урожайности с 1,77 т/га до 1,32 т/га. В первых научных исследованиях Шатиловской СХОС по культуре гречихи В. В. Винер писал, что «из всех наших хлебов гречиха чувствительна к морозам, урожай ее в такой большой зависимости от атмосферных явлений» (Винер, 1906). По данным Н. И. Аненкова (1851) урожай зерна гречихи в имении Шатиловых «Моховое» с 1834 по 1854 гг. в среднем составил 1,5 т/га и отличался нестабильностью по годам, варьируя в пределах от 2,23 т/га до 0,42 т/га. В 1839 и 1841 году урожай гречихи по неблагоприятным погодным условиям не был собран, в 1837 получили 0,1 четверти зерна с владельческой десятины (1,45 гектара).

По данным метеостанции Верховье погодные условия 2022-2025 гг. оказались неблагоприятными для роста и развития растений гречихи - отличались неравномерностью распределения месячных осадков и среднесуточной температуры воздуха за май – август. Индексы условий среды (I_j), отражающие влияние года на формирование урожайности, составили: в 2022 г. (+0,20); 2023 г. (-0,14), 2024 г. (-0,11); 2025 г. (+0,05). Предельные значения выпавших осадков в мае менялись от 16 мм (2025 г.) до 53 мм (2022 г.) и в июне от 44 мм (2022 г.) до 141 мм (2025 г.), при среднемноголетней норме - 48 и 65 мм. Температура воздуха колебалась в мае и июне от 10,8 °С (2022 г.) и 16,1 °С (2025 г.) до 13,3 °С (2025 г.) и 19,2°С (2022 г.), при среднемноголетней норме 14,2 °С и 17,9 °С. Максимальная температура воздуха отмечалась в 1 и 2 декадах июля 2022-2025 гг. до - 33 °С и 35 °С. В 1 – 3 декадах мая 2022 г. выпало осадков на 4, 8 и 15 мм, июня на 10, 4, 7 и июля на 14, 12, 3 мм меньше по сравнению со среднемноголетними данными. В 1 – 3 декадах июня 2022 г. среднесуточная температура превосходила среднемноголетнюю на 1,2 °С, 1,1 °С, 1,6°С и в августе на 1,7°С., 2,8 °С., 5,6°С. За июнь и август ГТК=1,07 и ГТК=0,48, что соответствовало засушливому и сильно засушливым периодам. Вегетационный период 2023 г был относительно засушлив и характерен низким температурный режимом: май (-1,0°С), июнь (-1,2°С), июль (-0,7°С) к среднемноголетней норме, существенно повлиявшими на развитие растений гречихи. Осадки выпадали неравномерно, в мае (-15 мм), июне (-17 мм) и июле (-59 мм) меньше к среднемноголетней норме. Во 2 и 3 декадах августа наблюдали увеличение количества осадков на 14 мм и 8 мм. В 2024 году количество осадков выпало в мае на 17 мм, июле – 46 мм и августе – 30 мм меньше нормы, в июне ниже на 1 мм, что близко к норме. Среднесуточная температура воздуха в мае была на 1,6°С ниже, в июне, июле и августе выше на 1,5, 2,6 и 1,6°С. Вегетационный период июня 2025 г был характерен превышением среднемноголетних значений количества осадков в 1-3 декадах июня на 26, 38, 12 мм и месячной суммы на 76 мм. Среднесуточная температура характеризовалась за май, июнь и август пониженными значениями от среднемноголетних показателей на 0,9°С, 1,8 °С и 1,6°С.

Под влиянием погодных условий урожай зерна разных морфотипов сортов гречихи существенно варьировал по годам (табл. 1).

Урожайность зерна разных морфотипов сортов гречихи, т/га

Сорт	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее, 2022-2025 гг.
Детерминантный					
Темп	1,7	1,2	1,3	1,5	1,4
Девятка	1,9	1,3	1,7	1,9	1,7
Диана	2,0	1,6	1,8	2,1	1,9
Индетерминантный					
Башкирская красностебельная	1,5	1,3	1,1	1,2	1,3
Землячка	1,5	1,6	1,4	1,3	1,5
Зилимская	1,5	1,2	0,9	1,1	1,2
Яшлек	1,6	1,1	1,3	1,5	1,4
НСР ₀₅	0,4	0,3	0,2	0,4	-
Индекс среды I _j	+0,20	-0,14	-0,11	+0,05	-

Наиболее высокая урожайность (2,1 т/га) в 2025 г. отмечена у сорта Диана, самая низкая – 0,9 т/га в 2024 г. у сорта Зилимская. В 2022 году детерминантный сорт Диана достоверно превысил на 0,5 т/га по урожайности индетерминантные сорта Башкирская красностебельная, Зилимская и Землячка. Существенных различий по урожайности зерна между сравниваемыми сортами в группах индетерминантных (Башкирская красностебельная, Зилимская, Землячка и Яшлек) и детерминантных (Темп, Девятка, Диана) не выявлено. В условиях 2023 года получена равная, 1,6 т/га высокая урожайность сортов Диана и Землячка среди сравниваемых групп детерминантных и индетерминантных морфотипов. По этому показателю в группе детерминантных сортов выделился сорт Диана достоверно превысивший на 0,4 т/га сорт Темп. Урожайность зерна в группе индетерминантных сортов у сорта Землячка достоверно была выше на 0,4 т/га и 0,5 т/га, чем – Зилимская и Яшлек. Между урожаем зерна сравниваемых групп сортов – детерминантных -Темп (1,2 т/га) и Девятка (1,3 т/га) и индетерминантных – Башкирская красностебельная (1,3 т/га), Зилимская (1,2 т/га) и Яшлек (1,1 т/га) различий не обнаружено. В 2024 году при ($I_j = -0,11$), дефицит выпавших осадков – 2 мм (92% от многолетней нормы) в 3 декаде июня, отсутствия - 0 мм в 1 декаде июля в межфазные периоды бутонизации -цветение, когда происходит интенсивное наращивание вегетативной массы растений и формирование генеративных органов, негативно повлиял на величину урожая зерна гречихи. Получен самый низкий урожай у сорта Зилимская – 0,9 т/га. Выявлены существенные различия в урожайности в 0,5 и 0,4 т/га между детерминантными сортами Девятка и Диана и сортом Темп. В группе индетерминантных сортов достоверно наибольший сбор зерна – 1,4 и 1,3 т/га обеспечили сорта Землячка и Яшлек. Детерминантные сорта Девятка и Диана достоверно на 0,9-0,3 т/га превысили по урожайности индетерминантные сорта Башкирская красностебельная, Зилимская, Землячка и Яшлек. В условиях 2025 года в группе детерминантных сортов существенная прибавка – 0,6 т/га в сравнении сортом Темп отмечена у сорта Диана. Достоверных различий в урожайности между индетерминантными сортами не отмечены. Урожайность детерминантного сорта Диана достоверно на 1,0-0,6 т/га превысила по урожайности индетерминантные сорта Башкирская красностебельная, Зилимская, Землячка и Яшлек. В среднем за 2022-2025 гг. лучшие показатели по урожайности отмечены у детерминантного сорта Диана -1,9 т/га и индетерминантного – Землячка 1,5 т/га. Наименьшей урожайностью 1,2 т/га за тот же период характеризовался индетерминантный сорт Зилимская. В сравниваемых группах выделился детерминантный сорт Диана, превысивший по урожайности на 0,5-0,2 т/га сорта Темп и Девятка, из индетерминантных – Землячка, превзошедший на 0,1-0,3 т/га сорта Башкирская красностебельная, Зилимская и Яшлек. Индетерминантные сорта Яшлек и детерминантный сорт Темп характеризовались равной величиной (1,4 т/га) урожайности.

Наиболее существенный вклад (58%) в общую дисперсию урожайности вносил фактор «годы исследования». Роль сорта составляла 21%. Изменчивость урожайности на 19% обусловлена взаимодействием факторов «сорт и среда».

Данные урожайности сортов гречихи были статистически обработаны различными методами с целью количественной оценки адаптивных свойств (табл. 2).

Таблица 2

Показатели стрессоустойчивости, генетической гибкости, гомеостатичности, пластичности и стабильности разных морфотипов сортов гречихи, 2022-2025 гг.

Сорт	Y _{min} - Y _{max} , т/га	Y _{min} + Y _{max} /2, т/га	КА	V,%	Ном	Sc	St ²	bi	Si ²	∑ рангов
Детерминантный										
Темп	-0,5	2,05	0,96	14	0,10	0,99	0,99	1,39	0,01	33
Девятка	-0,6	2,25	1,14	14	0,12	1,16	0,98	1,40	0,05	21
Диана	-0,5	2,65	1,26	10	0,19	1,45	0,99	1,09	0,03	20
Индетерминантный										
Башкирская красностебельная	-0,4	1,85	0,86	12	0,11	0,95	0,99	0,77	0,02	47
Землячка	-0,3	2,10	0,98	8	0,18	1,22	0,99	0,16	0,02	40
Зилимская	-0,6	1,65	0,79	18	0,07	0,72	0,98	1,19	0,04	43
Яшлек	-0,5	1,90	0,93	14	0,10	0,96	0,98	1,30	0,01	47

Согласно А.А. Rosielle J. Hamblin показатель степени устойчивости сортов к неблагоприятным факторам среды определяется по разнице между минимальной и максимальной урожайностью (Y_{min}–Y_{max}). Меньший размах свидетельствует о стрессоустойчивости сорта и более высокой его приспособленности для различных условий среды. В группе детерминантных сортов наиболее стрессоустойчивыми были Диана и Темп (-0,5 т/га), индетерминантных – Землячка (-0,3 т/га) и Башкирская красностебельная (-0,4 т/га). Компенсаторная способность (Y_{min}+Y_{max})/2 показывает генетическую гибкость или реакцию сорта на условия выращивания, чем выше ее величина, тем выше степень соответствия между урожайностью и факторами среды. Наиболее высокие показатели отмечены у детерминантного сорта Диана (2,65 т/га) и индетерминантного Землячка (2,10 т/га). Коэффициент адаптивности (КА) был определен по отношению данных урожая каждого из испытуемых сортов к среднесортowej урожайности. При КА >1, сорт устойчив к стрессовым факторам региона. Наиболее высокое значение КА определено у детерминантных сортов Диана (КА=1,26), Девятка (КА=1,14) и индетерминантного – Землячка (КА=0,98). Реакция индетерминантного сорта Зилимская на условия среды была наименьшей, (КА=0,79). Согласно значениям шкалы Доспехова (2019) по относительному показателю варьирования урожая, коэффициенту вариации (V%), детерминантные сорта отнесены к средней группе изменчивости. Наименьшей вариабельностью урожая характеризовался сорт Диана (V =10%), наибольшей (V =14%) Темп и Девятка. В группе индетерминантных сортов самым высоким показателем вариабельности урожая соответствовал – Зилимская (V =18%), наименьшим – Землячка (V=8%). При оценке адаптивности сорта важно учитывать способность к сохранению высокого значения гомеостаза – сочетать значительную урожайность в благоприятных условиях выращивания с наименьшим ее снижением в неблагоприятных. Величина гомеостатичности (Ном=x²/(σ·(хорт-xlim)) варьировала по сортам от 0,07 до 0,19. Высокое значение гомеостатичности определено у детерминантного сорта Диана (Ном=0,19) и индетерминантного Землячка (Ном=0,18). По этому показателю самой низкой величиной (Ном=0,07) выделился индетерминантный сорт Зилимская. Селекционная ценность сорта, установленная по формуле: Sc =X_{ср.} x X_{lim}/X_{орт}, где X_{ср.} средняя урожайность по сорту; – X_{lim} урожайность лимитированная; – X_{орт} урожайность оптимальная) является показателем

оценки сорта, сочетающая в себе высокую урожайность с адаптивными свойствами. По этому показателю наибольшая величина ($Sc=1,45$) определена у детерминантного сорта Диана и индетерминантного Землячка ($Sc=1,22$), наименьшая ($Sc=0,72$) у индетерминантного - Зилимская. Высокие (близкие к 1) величины показателя относительной стабильности ($St^2 = X^2 - S^2 / X^2$, где X - средний урожай сорта, S^2 -общая дисперсия урожая данного сорта) установлены среди сравниваемых групп сортов. Наибольшие значения данного показателя относительной стабильности ($St^2 = 0,99$) отмечены в группе (морфотип детерминантный) у сортов Диана и Темп, индетерминантного – Землячка. Показатели экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) являются информативными количественными параметрами адаптивных свойств сортов по урожайности. Сорта с детерминантным (Темп и Девятка) ($b_i=1,39$ и $b_i=1,40$) и индетерминантным (Зилимская и Землячка) морфотипом характеризовались высокой статистической значимостью значений коэффициентов ($b_i > 1$) регрессии ($b_i=1,19$ и $b_i=1,30$) на изменения условий внешней среды. Дисперсия (S_i^2) характеризует стабильность сорта, уровень отклонения его урожая в исследуемый год от средней урожайности за все годы в различных условиях выращивания. Чем меньше данный показатель, тем более стабильно сорт формирует урожай. Наибольшей стабильностью реакции на условия среды в группе детерминантных сортов характеризовались с наименьшими значениями ($S_i^2 < 1$) Темп и Диана ($S_i^2=0,01$ и $S_i^2=0,03$), индетерминантных Башкирская красностебельная и Землячка ($S_i^2=0,02$) и Яшлек ($S_i^2=0,01$). Следует отметить, что данные оценки показателей стабильности сортов, определенные по вариансе дисперсии (S_i^2) совпадали с показателями относительной стабильности (St^2): рассчитанных по Соболеву. Сорта Девятка (детерминантный морфотип) и Зилимская (индетерминантный морфотип) характеризовались низкими величинами показателей относительной стабильности ($St^2=0,98$) и высоким значением дисперсии ($S_i^2=0,05$ и $S_i^2=0,04$). По суммарной ранговой оценке, показателей, детерминантный сорт гречихи Диана (\sum рангов=20) был наиболее, индетерминантные Башкирская красностебельная и Яшлек (\sum рангов=47) менее адаптированы к условиям Орловской области. Анализ матрицы коэффициентов корреляции позволил установить взаимосвязь между урожайностью сортов и показателями адаптивных свойств, выделить значимые информативные показатели с наибольшим количеством достоверных корреляционных связей (табл. 3).

Таблица 3

Матрица корреляционных связей между показателями адаптивности различных морфотипов сортов гречихи

Показатели	Урожайность, т/га	Ymin-Ymax, т/га	Ymin + Ymax/2, т/га	КА	V,%	Hom	Sc	St ²	b _i
Коэффициенты корреляции, r									
Ymin-Ymax	-0,055								
Ymin + Ymax/2	0,979*	0,041							
КА	0,996*	-0,095	0,980*						
V,%	-0,537	-0,812	-0,604	-0,500					
Hom	0,772	0,548	0,812	0,731	- 0,913				
Sc	0,936	0,296	0,957*	0,918	- 0,795	0,934			
St ²	0,203	0,708	0,379	0,203	- 0,715	0,583	0,469		
b _i	0,063	-0,871	0,015	0,128	0,721	- 0,560	- 0,251	- 0,520	
S _i ²	0,301	-0,574	0,168	0,283	0,292	- 0,018	0,076	- 0,471	0,199

*r коэффициенты корреляции значимы, P =95%

Наиболее достоверно урожайность сортов (в среднем за 2022 -2025 гг.) коррелировала с коэффициентом адаптации (КА), $r=0,996$ и компенсаторной гибкости ($Y_{\min} + Y_{\max}/2$), $r=0,979$, что подтверждалось зависимостью величины урожайности по сортам к среднесортной в различных погодных условиях вегетации. Сорта с высокой урожайностью Диана и Землячка 1,9 и 1,5 т/га соответственно характеризовались наибольшими величинами коэффициентов адаптивности (КА=1,26) и (КА=0,98) и генетической гибкости (2,65 т/га) и (2,10 т/га). Проведенный корреляционный анализ выявил наличие взаимосвязей показателей между собой. Наибольшей информативностью с достоверными двумя положительными корреляционными зависимостями отвечал показатель компенсаторной гибкости – $Y_{\min} + Y_{\max}/2$. Положительная корреляционная зависимость статистически достоверна между ($Y_{\min}+Y_{\max}/2$) и показателями селекционной ценности (S_c), $r =0,957$, коэффициентом адаптивности, $r =0,980$.

Заключение

В неблагоприятных для роста и развития растений гречихи погодных условиях, неравномерного распределения осадков, среднесуточной температуры воздуха по декадам за май – август (2022-2025 гг.), наиболее высокая урожайность (2,1 т/га) в 2025 г. отмечена у детерминантного сорта Диана, самая низкая – 0,9 т/га (2024 г.) у индетерминантного – Зилимская. В детерминантной группе, сорт гречихи Диана в 2023-2025 гг. достоверно превысил на 0,4, 0,5 и 0,6 т/га – Темп. Урожайность зерна в группе индетерминантного морфотипа у сорта Землячка достоверно была выше на 0,4 т/га и 0,5 т/га (2023 г.), чем у сортов Зилимская и Яшлек и на 0,3 т/га и 0,5 т/га (2024 г.) – Башкирская красностебельная и Зилимская. Детерминантный сорт гречихи Диана достоверно превысил по урожайности индетерминантные сорта: в 2022 г. – Башкирская красностебельная (0,4 т/га), Зилимская (0,4 т/га) и Яшлек (0,4 т/га), 2023 г. – Зилимская (0,4 т/га) и Яшлек (0,5 т/га), 2024 г. – Башкирская красностебельная (0,7 т/га), Зилимская (0,3 т/га), Землячка (0,9 т/га) и Яшлек (0,5 т/га, 2025 г. – Башкирская красностебельная (0,9 т/га), Зилимская (0,8 т/га), Землячка (1,0 т/га) и Яшлек (0,6 т/га. В среднем за четыре года наибольший урожай отмечен у детерминантного сорта Диана – 1,9 т/га, индетерминантного – Землячка 1,5 т/га и наименьший – 1,2 т/га у индетерминантного сорта Зилимская. Детерминантный сорт Диана, в группе детерминантных превысил по урожайности – Темп (0,2 т/га) и Девятка (0,5 т/га), индетерминантных – Башкирская красностебельная (0,6 т/га), Землячка (0,4 т/га) Зилимская (0,7 т/га) и Яшлек (0,5 т/га). Сорт детерминантного морфотипа Диана с наибольшей средней урожайностью за 2022-2025 гг. (1,9 т/га), высокими значениями показателей – генетической гибкости (2,65 т/га), коэффициента адаптивности (КА= 1,65), гомеостатичности ($H_{om} = 0,19$), селекционной ценности ($S_c=1,45$) и меньшим значением суммы (\sum рангов=20) был наиболее адаптирован к условиям юго-востока Орловской области. В сравниваемых группах морфотипов, сорт гречихи Зилимская (индетерминантный) с самой низкой за четырехлетний период урожайностью (1,2 т/га), невысокими величинами генетической гибкости (1,65 т/га), коэффициента адаптивности (КА= 0,79), гомеостатичности ($H_{om} = 0,07$), селекционной ценности ($S_c=0,07$), высокой вариабельностью ($V =18\%$) и большим значением суммы (\sum рангов=43) менее соответствовал условиям юго-востока Орловской области.

Литература

1. Шипулин О.А., Фесенко А.Н., Мазалов В.И., Мартыненко Г.Е. О результатах экологического сортоиспытания гречихи и признаках, характеризующих урожай зерна. // Вестник Орел ГАУ. – 2010. - №4. – С. 76-78.
2. Фесенко А.Н., Мартыненко Г.Е., Фесенко Н.В., Мазалов В.И. Детерминантные сорта гречихи нового поколения. // Земледелие. – 2012. – №5. – С. 38-39.
3. Небытов В.Г., Коломейченко В.В., Мазалов В.И. Урожайность зерна гречихи в условиях Орловской области в зависимости от сорта и удобрений. // Плодородие. – 2018. – №4. – С. 5-8. DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.02.
4. Мазалов В.И., Небытов В.Г. Исследование показателей пластичности и стабильности урожайности сортов гречихи в условиях Орловской области. От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК.

Инновационные технологии в растениеводстве, традиционном, органическом и ресурсосберегающем земледелии: сборник статей международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 24-25 марта 2022 г.). – С. 97-99.

5. Фесенко А.Н., Фесенко И.Н. Развитие селекции и производства гречихи в России за 100 лет. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - 2019; - 180 (1). – С. 113-117. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-113-117.

6. Романова О.И. Характеристика сортов гречихи Беларуси и Украины в условиях Ленинградской области. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(4):61-70. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-61-70.

7. Жаркова С.В. Продуктивность сортов гречихи в условиях предгорья Алтая. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2021. - № 1. – С. 54-56. DOI: 10.24411/2500-1000-2021-1039.

8. Лужинская Н.А., Будько А.С., Лужинский Д.В. Новые белорусские сорта гречихи и их особенности. // Земледелие и растениеводство. – 2024. – №4. – С. 25-29.

9. Кадырова Ф.З., Климова Л.Р., Иматуллина, Г.И., Сафин Р.И., Захаров В.Г. Эффективность использования новых морфобиотипов гречихи в селекции для засушливых условий среднего Поволжья. // Вестник Казанского ГАУ. - 2024. - №2. – С. 12-17. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

References

1. Shipulin O.A., Fesenko A.N., Mazalov V.I., Martynenko G. N. About the results of ecological variety testing of buckwheat and the signs characterizing the grain harvest. *Vestnik Orel GAU*. 2010, no.4, pp. 76-78.

2. Fesenko A.N., Martynenko G.E., Fesenko N.V., Mazalov V. I. Determinant varieties of buckwheat of the new generation. *Zemledelie*. 2012, no.5, pp. 38-39.

3. Nebytov V.G., Kolomeichenko V.V., Mazalov V.I. Buckwheat grain yield in the Orel region, depending on the variety and fertilizers. *Plodorodie*. 2018, no.4, pp. 5 - 8. DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.02.

4. Mazalov V.I., Nebytov V.G. Investigation of indicators of plasticity and yield stability of buckwheat varieties in the conditions of the Orel region. From modernization to advanced development: ensuring competitiveness and scientific leadership of the agroindustrial complex. Innovative technologies in crop production, traditional, organic and resource-saving agriculture: Proc. Intern Sci. Conf. (Ekaterinburg, 24-25 March 2022), pp. 97-99.

5. Fesenko A. N., Fesenko I. N. The development of buckwheat breeding and production in Russia over 100 years. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2019, no. 180 (1), pp. 113-117. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-113-117.

6. Romanova O.I. Characteristics of buckwheat varieties of Belarus and Ukraine in the Leningrad region. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2021, no.182(4), pp. 61-70. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-61-70.

7. Zharkova S.V. Productivity of buckwheat varieties in the Altai foothills. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2021, no 1, pp. 54-56. DOI: 10.24411/2500-1000-2021-1039.

8. Luzhinskaya N.A., Bud'ko A.S., Luzhinskii D.V. New Belarusian buckwheat varieties and their features. *Zemledelie i rastenievodstvo*. 2024, no.4., pp. 25-29.

9. Kadyrova F.Z., Klimova L.R., Imatullina, G.I., Safin R.I., Zakharov V.G. The effectiveness of using new morphobiotypes of buckwheat in breeding for the arid conditions of the Middle Volga region. *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2024, no.2, pp. 12-17. DOI 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ПРОСА ПОСЕВНОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К МЕЛАНОЗУ ЗЕРНА

Н.П. ТИХОНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,

<https://orcid.org/0000-0003-4874-436X>

Т.В. ТИХОНОВА, <https://orcid.org/0000-0003-0435-5530>

В.А. МОЗЛОВ, E-mail: Mozlovva@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4638-0523>

И.С. АРМЯНИНОВА, <https://orcid.org/0009-0002-6325-9063>

ФГБНУ «ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА», Саратов

Аннотация. В статье изложены методические аспекты и результаты целенаправленной селекции проса посевного на повышение меланозоустойчивости в сочетании с крупнозёрностью и другими хозяйственно ценными признаками путём гибридизации лучших (по «базовым» признакам) генотипов и непрерывного отбора минимально восприимчивых сортообразцов, обладающих более эффективными иммунологическими реакциями против возбудителей болезни, без применения «пассивных» механизмов «ухода» от неё. Представлены фрагментарные результаты оценки и дифференциации сортообразцов (линий) проса посевного по степени восприимчивости к меланозу (подплёночному поражению зерна проса факультативно-патогенной бактериально-грибковой инфекцией) в селекционных питомниках первого года (СП-1-2022 г.), второго года (СП-2-2024 г.) и в конкурсном испытании в 2023-2025 гг. На примере созданных сортов проса и новых линий показано, что существующая и сильно варьирующая отрицательная корреляционная связь признаков «крупность зерна – восприимчивость к меланозу» сведена к минимальной при сохранении и развитии комплекса других хозяйственно ценных признаков. Сорта с крупным и устойчивым к меланозу зерном – результат эффективной селекции на создание варианта «активного» (иммунологического) механизма подавления возбудителей болезни

Ключевые слова: просо посевное, сорта, меланоз, наследование, этиология, экологические условия, пассивные факторы защиты.

Для цитирования: Н.П. Тихонов, Т.В. Тихонова, В.А. Мозлов, И.С. Армянинова. Проблемные аспекты и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):88-99 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-88-99

PROBLEM ASPECTS AND RESULTS OF BREEDING OF MILLET FOR RESISTANCE TO GRAIN MELANOSIS

N.P. Tikhonov, T.V. Tikhonova, V.A. Mozlov, I.S. Armyaninova

FSBSI FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER OF SOUTH-EAST, Saratov

Abstract: The article outlines the methodological aspects and results of targeted breeding of common millet (*Panicum miliaceum* L.) for enhanced resistance to melanosis, combined with large grain size and other economically valuable traits. This was achieved through hybridization of the best genotypes (for "base" traits) and continuous selection of minimally susceptible breeding lines possessing more effective immunological responses against the pathogens of the disease, without employing passive mechanisms of "escape" from the disease. Fragmentary results are presented from the evaluation and differentiation of millet breeding lines based on their degree of susceptibility to melanosis (a sub-film grain infection caused by facultative pathogenic bacterial-

fungal complexes) in first-year (2022) and second-year (2024) breeding nurseries, as well as in competitive trials from 2023 to 2025. Using the developed millet varieties and new lines as examples, it is shown that the existing and highly variable negative correlation between the traits "grain size – susceptibility to melanosis" has been minimized while maintaining and developing a complex of other economically valuable characteristics. Varieties with large grain that is resistant to melanosis are the result of effective breeding aimed at creating an "active" (immunological) mechanism for suppressing the causative agents of the disease.

Keywords: common millet (*Panicum miliaceum* L.), varieties, melanosis, inheritance, etiology, environmental conditions, passive defense factors.

Введение

В основных зонах возделывания проса посевного в России (Нижнее и Среднее Поволжье, Центральное Черноземье, Южный Урал, южная часть Западной Сибири и др.) помимо головни наиболее вредоносной болезнью проса является меланоз – подплёночное поражение зерна бактериально-грибковой факультативно-патогенной инфекцией. Установлены многочисленные факторы, усиливающие или, наоборот, ослабляющие вредоносность болезни со сложной и изменчивой этиологией (см. обзор: [1]). Особенность проявления болезни и, соответственно, селекции на устойчивость к ней заключается в том, что признак имеет полигенную («количественную») природу и **все** возделываемые сорта проса посевного в разной степени восприимчивы к меланозу. Применение пестицидов не снижает (и даже может усилить) его вредоносность [2]. По этой причине выведение сортов проса с «максимальной устойчивостью» (одинаково правильный вариант – с «минимальной восприимчивостью») к меланозу – наиболее эффективный метод защиты урожая зерна от патогенной инфекции. Однако существует проблема в выборе механизмов защиты. В современных научных публикациях имеются рекомендации по снижению вредоносности меланоза путём создания сортов проса с т. н. «пассивными» признаками защиты, включая продолжительность вегетационного периода, позволяющего «уходить» от массового распространения инфекции; овальную и овально-удлинённую форму зерна (в т.ч. с плотно сомкнутыми и толстыми цветковыми плёнками); с более «повислыми» (пониклыми) и рыхлыми (быстрее просыхающими) метёлками и более высокорослыми растениями и др. [3,4] Однако перечисленные (и другие) признаки зачастую не увязываются с «прописными» селекционными проблемами. Ещё в начале 20 века Б.М. Арнольдом (основателем научной селекции проса посевного в Саратове) было установлено, что в засушливых континентальных условиях возделывания проса посевного максимальной засухоустойчивостью и жаростойкостью обладают краснозёрные формы с сжатой (преимущественно - плотной) и комовой метёлками. И совсем не случайно Саратовское 853 в бывшем СССР занимало в «своё» время до 50-70 % (и более) посевных площадей под культурой.

В начале 21 века краснозёрные сорта проса среди рекомендованных к возделыванию и по количеству (около 60%), и по посевным площадям (прежде всего в засушливых регионах (как свидетельство их более высокой адаптированности) превосходят желтозерные, за исключением Саратовского жёлтого и Золотистого [5].

В настоящее время в селекции проса на повышение («усиление») устойчивости к меланозу по-прежнему имеется ряд достаточно сложных и нерешённых проблем, в т. ч.

1. Отсутствуют результаты системного мониторинга видового разнообразия возбудителей болезни в зонах возделывания культуры, существенно различающихся по почвенно-климатическим условиям. **2.** Практически отсутствует информация по органотропной приуроченности (за исключением зерна) фитопатогенов – возбудителей болезни. **3.** Не вызывает сомнений наличие генетическо-иммунологических различий между сортами по степени восприимчивости к болезни, однако этот факт не облегчает проблему подбора доноров повышенной устойчивости (с целью создания нового гибридного материала), поскольку на уровне конкретных сортов отсутствуют чёткие границы между «генетическими» («собственно иммунологическими» реакциями разной активности) и «пассивными» факторами защиты (типа овальной формы и/или мелкой зерновки, плотной

сомкнутости колосковых и цветковых плёнок, степени плотности и пониклости метёлки и др.). **4.** «Смешанная» инфекция (патогенные бактерии и грибы) под влиянием варьирующих гидротермических факторов конкретного вегетационного сезона зачастую разрушает («смазывает») ранее наметившиеся «иерархические» аспекты в оценках сортового и гибридного материала (о чём, в частности, свидетельствует сильно изменчивое проявление меланоза т. н. «зародышевого» типа). **5.** Отсутствуют общепринятые (селекционерами) сорта-стандарты с дифференцированными уровнями поражения меланозом в разных регионах (типа: 1 – наиболее устойчивые; 2 – средневосприимчивые; 3 – наиболее восприимчивые) и соответствующими ориентировочными цифрами слабой, средней и сильной степени поражения ядер (зёрен без цветковых плёнок) в разных условиях среды. **6.** Во время государственного испытания сортов проса не проводится оценка на меланозоустойчивость ни сортов-стандартов, ни новых селекционных достижений, что не стимулирует селекцию на повышение устойчивости к болезни

В этой связи авторы данной статьи посчитали важным изложить основные методические аспекты селекции проса на устойчивость к меланозу, реализуемые нами в северной части Нижнего Поволжья России, поскольку в сравнительно востребованных сортах селекции ФАНЦ Юго-Востока высокая меланозоустойчивость достаточно гармонично сочетается с крупнозёрностью, продуктивностью, адаптивностью, высоким содержанием каротиноидных пигментов, резистентностью к различным расам возбудителя головни и другими признаками [6, 7, 8].

Цель исследования – анализ особенностей проявления меланоза у конкретных селекционных линий и сортов проса с неидентичными характеристиками и «точности» оценок индивидуальных генотипов при движении материала от гибридов до конкурсного испытания.

Материал и методы исследования

Для оценки имеющегося генофонда проса и создания сортообразцов с более высокой (в сравнении с лучшими современными сортами) устойчивостью к меланозу использовали собственные методические наработки, основанные на особенностях этиологии болезни, многолетних результатах изучения эколого-генетических проявлений признака в гибридных популяциях и константном материале (включая сорта селекции других НИУ, коллекционные сортообразцы из ВИРа) и ежегодных оценках коллекционного и селекционного материала в существенно варьирующих погодных условиях, в значительной степени влияющих на вредоносность и степень развития болезни [6]. Главный метод работы – применение гибридизации соответствующих родительских форм, индивидуального отбора из гибридного материала и изучения наиболее ценных генотипов, сочетающих комплекс хозяйственно ценных признаков – урожайность, адаптивность, крупнозёрность, качество зерна, устойчивость к головне и минимальную восприимчивость к меланозу [6, 7, 8].

Сложная и трудоёмкая работа, требующая длительного напряжения зрения, проводится нами путём последовательного выполнения ряда операций по оценке и браковке худших индивидуальных отборов из гибридных популяций и сортообразцов из различных селекционных питомников: отсчитывается соответствующее количество типичных (выполненных) зёрен (с определением их окраски и формы), проводится их взвешивание (для определения массы 1000 зёрен), удаление плёнок (в «мягком» режиме на лабораторном шелушителе), определение желтизны и стекловидности ядра, тщательное просматривание ядер (не менее чем при 2-3-кратном их увеличении) на предмет поражения меланозом (с подсчётом и фиксацией в соответствующих журналах количества ядер со слабым, средним и сильным проявлением болезни (с последующим переводом результатов в %)). В нашей практической ежегодной работе проводится оценка по 100...1000 ядер (в отдельных случаях – более 1000) – в зависимости от изучаемого материала (табл. 1).

**Методические аспекты оценки коллекционного и селекционного материала
проса посевного на устойчивость к меланозу**

№ п/п	Селекционный материал	Количество типичных* зёрен, подлежащих оценке на степень поражения меланозом
1	Индивидуальные отборы из гибридных популяций	100
2	Селекционный питомник 1-го года (СП-1)	250 (500**)
3	Коллекционный материал	250 (500**)
4	Селекционный питомник 2-го года (СП-2)	500 (250 x 2) ***
5	Контрольный питомник (КП)	1000 (250 x 4) ***
6	Конкурсное сортоиспытание (КСИ)	1000 (250 x 4) ***

Примечания: * – отбор, отсчёт, взвешивание и шелушение (обрушивание) типичных (хорошо выполненных, не щуплых) зёрен; ** – повторное исследование генотипов с «сомнительными» результатами; *** – оценка по 500 и 1000 типичных зёрен, (соответственно, по 250 зёрен в 2-х и 4-х полевых повторностях).

Отбор лучших и браковка селекционных сортообразцов проса осуществляется по комплексу признаков и оценок (включая проявление меланоза в текущем и в предшествующие годы) при сравнении их с сортами-стандартами. Прежде всего это первый сорт селекции института – **Саратовское 853** (С.853; «стартовый» уровень по всем селектируемым признакам), занимавшее в СССР до 70% и более площадей под культурой и достаточно объективно описанное Б.М. Поповым (1982) более 40 лет назад. «Этот сорт отличается высокой засухоустойчивостью, устойчивостью к полеганию и менее других сортов страдает от поражения ядра бактериозом» (прим. авт.: один из «ранних» вариантов названия подплёночного поражения зерна проса – меланоза). Однако применительно к современному селекционному материалу Саратовское 853 характеризуется нами как относительно мелкозёрный (по нашей шкале: [8]), со средним качеством зерна и среднеустойчивый к меланозу. Другие его характеристики позволяет видеть и оценивать результаты селекции по всем признакам как в условиях конкретного года, так и в динамике. **Саратовское 10** – один из наиболее распространённых и урожайных сортов с высокой адаптированностью к различным почвенно-климатическим условиям, среднеустойчивый к меланозу и устойчивый к 10 расам возбудителя головни (с геном Sp2), с красным и сравнительно крупным качественным зерном [5]. **Золотистое** – желтозёрный, среднеспелый, высокоурожайный и востребованный сорт, восприимчивый к головне, но с высокой устойчивостью к меланозу в сочетании с крупнозёрностью [5]. Дифференциация сортов и селекционных линий и их браковка по степени проявления меланоза (т. е. его вредоносности в конкретном году) на «устойчивые», «среднеустойчивые», «восприимчивые» имеет «относительно-сравнительный» характер и опирается на многолетний опыт предшествующей работы.

При оценке и браковке сортообразцов проса по **комплексу признаков** нами соблюдается их «иерархическая значимость»: урожайность + адаптированность в сочетании с признаками качества зерна (включая желтизну, стекловидность ядра, содержание каротиноидов и белка, крупнозёрность и др.), с устойчивостью к болезням (прежде всего – к головне и меланозу) и др. Считаю важным подчеркнуть существенную деталь в нашей селекционной работе: индивидуальные отборы из гибридных популяций с овальной формой и «пёстрой» окраской зерна, а также с массой 1000 зёрен $\leq 8,5$ г – даже без признаков меланоза – подлежат выбраковке. Не проводятся нами оценки (применительно к меланозу) на степень пониклости и плотности метёлок, степень сомкнутости цветковых плёнок, поиск коррелятивных связей болезни с другими «пассивными» признаками (типа высоты растений, длины метёлок и пр.) «псевдозащиты» от меланоза, поскольку такая информация, как правило, не отличается объективностью, стабильностью и точностью. Наша работа

направлена на создание нового гибридного материала и сортов проса с повышенными генетико-иммунологическими реакциями на комплекс возбудителей меланоза и минимальной зависимостью данного важного признака от био - и абиотических факторов. Многолетний опыт работы и созданные в ФАНЦ Юго-Востока сорта проса [5, 6, 7, 8] показывают, что такой путь усиления болезнестойчивости является сравнительно результативным, поскольку позволяет сочетать минимальную восприимчивость к меланозу с комплексом других хозяйственно ценных признаков.

Результаты и их обсуждение

Взаимоотношения в системе «просо посевное – возбудители меланоза» включают следующие генетико-феноменологические особенности.

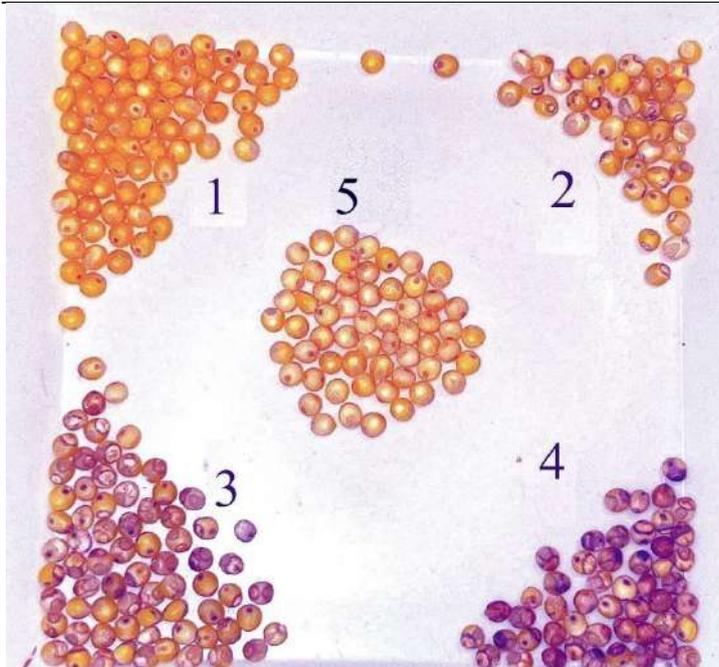
1. Все сорта (в т. ч. сортообразцы из коллекции ВИРа) восприимчивы к болезни, но в разной степени; дифференциация сортообразцов на «устойчивые» (т.е. с минимальной степенью подплёчного поражения зерна), «среднеустойчивые» (= «средневосприимчивые») и «восприимчивые» имеет относительный («рабочий») характер, поскольку дальнейшей целенаправленной селекции подвергается материал не «ниже» среднеустойчивого (большинство восприимчивых и сильно-восприимчивых генотипов бракуются).

2. Признак имеет полигенную («количественную») природу с сильной реакцией на условия внешней среды и по этой причине – низкую наследуемость в гибридном материале, включая «обычные» вариации типа: а) индивидуальные отборы (и. о.) из гибридных популяций от скрещивания сравнительно устойчивых родительских форм нередко оказываются либо более восприимчивыми к болезни, либо не лучше исходных генотипов, б) и. о. из гибридных популяций от скрещивания «средневосприимчивых» генотипов проявляют более высокую «устойчивость» (минимальное поражение, с преобладанием слабой и средней степеней поражения ядер), причём в сочетании с крупнозёрностью – т. е. проявляются эффекты кумулятивной полимерии, что имеет очень важное значение в селекционной работе на комплекс полигенных признаков.

3. Сортообразцы, выявленные исследователями в разное время в качестве «устойчивых» к меланозу, обладают в своём большинстве «отрицательными» (для целей селекции) «пассивными» признаками защиты от болезни – мелкозёрностью, зерном овальной, овально-удлинённой формы, скороспелостью (или, наоборот, – позднеспелостью – т.е. «уходом» от массового распространения во времени и в пространстве насекомых – переносчиков патогенной инфекции), более пониклыми и/или рыхлыми метёлками (быстрее просыхающими после росы и/или дождя), высокой соломиной (с «лишним» расход пластических веществ и снижением хозяйственного коэффициента) и др., которые в новых многочисленных гибридах и константных сортообразцах зачастую «теряют» свои защитные свойства.

4. Даже в засушливых условиях европейского юго-востока РФ «среднее» и «сильное» развитие меланоза проявляется, по нашим данным, в более чем 70 % лет и существенно ухудшает качество зерна и крупы (рис. 1).

5. Преобладающий тип поражения ядра меланозом – «верхний» (экзогенный), т.е. предполагающий проникновение инфекции между неплотно (и/или недостаточно плотно) сомкнутыми цветковыми плёнками; второй – т. н. «зародышевый» тип меланоза – неточен по названию и сути, поскольку в большинстве своём поражение ядра (разной интенсивности) происходит, по нашим данным, вокруг «плацентного пятна», а не зародыша, и указывает на «эндогенный» характер (через проводящую систему растений) появления инфекции (рис. 2).



*Рис. 1. Ядро проса: 1 – типичные здоровые стекловидные ядра; 5 – типичные здоровые «среднемучнистые» ядра; 2, 3, 4 – ядра с разной степенью развития меланоза: соответственно, слабое, среднее и сильное поражение.
Фото авторов.*



Рис.2. Разная степень развития «нижнего» типа меланоза вокруг «плацентного пятна». Фото авторов.

6. Применение пестицидов против меланоза проса не даёт положительных результатов [2]. Таким образом, изложенные выше особенности системы «просо посевное – меланоз» приводят к заключению, что единственный и наиболее эффективный способ защиты посевов проса от подплёночного поражения зерна – целенаправленное создание и возделывание сортов соответствующих экотипов с комплексом ценных признаков, включая максимальную, генетически контролируемую устойчивость (минимальной восприимчивость) к болезни, особенно в эпифитотийные годы [6].

В селекции проса на меланозоустойчивость важное значение имеет «точность» её определения применительно к количеству анализируемых зёрен у конкретных генотипов и в конкретном вегетационном сезоне (это одна из наиболее сложных проблем и особенностей селекции на устойчивость к болезням с «количественным» типом взаимодействия «хозяин – патоген»), поскольку степень развития болезни зависит как от факторов окружающей среды (включая неравномерное распространение в селекционных питомниках насекомых – переносчиков инфекции; частоту и интенсивность осадков, их приуроченность к фазам развития растений и др.), так и от количества исследованных ядер (зёрен с удалёнными цветковыми плёнками), однако в целом она повышается по мере их последовательного продвижения по селекционным питомникам (таблица 1, 2, 3, 4). Естественно, самые «ненадёжные» результаты оценки на меланоз получают при анализе на комплекс признаков индивидуальных отборов из гибридных популяций (оцениваются «всего» 100 зёрен), особенно в годы, неблагоприятные для развития подплёночной инфекции. Лучшие из индивидуальных отборов поступают в СП-1 – «главный источник» наиболее ценных (и в большинстве своём – константных) генотипов для последующих селекционных питомников. Анализ 250 ядер (в СП-1) заметно повышает точность оценки на меланозоустойчивость (по сравнению с и.о.), однако фактор «случайности» (таковы особенности проявления болезней «количественного типа») может достаточно сильно увеличивать вариабельность получаемых результатов (таблицы 2 и 3).

Фрагментарные результаты оценки и дифференциации селекционных линий проса из СП-1 на устойчивость к меланозу, 2022 г.

№ п/п	Сортообразец	Результаты анализа зерна в 2-х повторностях:				
		Масса 1000 зёрен (г)	Желтизна ядра (балл)	Количество меланозных ядер в 250 просмотренных		
				Слабо-, средне- и сильно-испорченных	Всего	Поражение (в %):
1. Краснозёрные сортообразцы:						
1.1 – Сорты – стандарты:						
1	Саратовское 10 , сорт-стандарт (2585/1-22)	8,7*	3,0	0-4-3	7	2,8
		8,9**	3,0	1-4-2	7	2,8
2	Саратовское 15 , сорт-стандарт (2241/1-22)	9,3*	5,0	2-2-0	4	1,6
		9,2**	4,5	3-0-1	4	1,6
1.2 - Краснозёрные сортообразцы со «слабым» поражением меланозом:						
Сангвинеум 2070/1-22	9,9*	5,0	0-0-0	0	0,0	
	9,9**	5,0	1-0-0	1	0,4	
Субсангвинеум 2475/1-22	9,9	4,0	1-1-0	2	0,8	
	10,0	4,5	0-1-0	1	0,4	
Сангвинеум 2592/2-22	9,6	5,0	1-0-0	1	0,4	
	9,8	5,0	1-1-0	2	0,8	
1.3 - Краснозёрные сортообразцы со «средним» поражением меланозом:						
Сангвинеум 2005/3-22	9,8	5,0	2-3-0	5	2,0	
	9,8	5,0	1-4-1	6	2,4	
Сангвинеум 2126/1-22	9,7	4,5	2-4-4	10	4,0	
	9,8	4,5	4-3-1	8	3,2	
Сангвинеум 2323/3-22	10,0	4,0	1-2-3	6	2,4	
	9,9	4,0	2-0-2	4	1,6	
1.4 - Краснозёрные сортообразцы с «сильным» поражением меланозом***:						
Сангвинеум 2123/4-22	9,8	4,0	0-8-3	11	4,4	
	10,0	4,5	2-5-4	11	4,4	
Сангвинеум 2288/2-22	9,4	4,5	0-5-5	10	4,0	
	9,3	4,5	3-7-3	13	5,2	
Сангвинеум 2480/3-22	9,8	4,0	4-3-5	12	4,8	
	9,8	4,0	3-8-3	14	5,6	
2. Желтозёрные сортообразцы:						
2.1 – Сорты – стандарты:						
1	Золотистое , сорт-стандарт (2585/1-22)	8,8*	3,0	0-1-2	3	1,2
		8,9**	3,0	1-2-0	3	1,2
2	Сардар , сорт-стандарт (2569/2-22)	9,0*	3,5	2-2-1	5	2,0
		9,2**	3,5	0-1-0	2	0,8
2.2 - Желтозёрные сортообразцы с минимальным поражением меланозом:						
Ауреум 2038/1-22	9,1	3,5	1-1-0	2	0,8	
	9,1	3,5	1-1-0	2	0,8	
Ауреум 2321/3-22	9,3	4,0	2-0-0	2	0,8	
	9,3	3,5	0-1-0	1	0,4	
Ауреум 2548/2-22	10,0	2,5	0-0-1	1	0,4	
	9,9	2,5	2-1-0	3	1,2	

2.3 - Желтозёрные сортообразцы со «средним» поражением меланозом:					
Ауреум 2026/3-22	9,7	3,5	3-4-1	8	3,2
	9,9	3,5	2-6-1	9	3,6
Ауреум 2286/4-22	9,4	3,0	2-5-5	12	4,8
	9,5	3,0	6-2-1	9	3,6
Ауреум 2383/4-22	10,1	3,5	1-3-6	10	4,0
	10,1	3,5	1-5-1	7	2,8
2.4 - Желтозёрные сортообразцы с «сильным» поражением меланозом***:					
Ауреум 2339/3-22	10,2	2,5	3-2-5	10	4,0
	10,1	2,5	4-5-8	17	6,8
Ауреум 2392/4-22	9,2	2,5	5-5-15	25	10,0
	9,1	3,0	5-6-8	19	7,6
Ауреум 2393/3-22	9,0	3,0	6-6-13	25	10,0
	9,2	3,0	9-9-5	23	9,2
НСР _{0,05}	0,2	0,1			1,3

Примечания: *, ** – соответственно, результаты первой и повторной («проверочной») оценки сортообразцов (анализ по 250 ядер); *** – максимальное поражение меланозом в СП-1/ 22 г. выявлено у мелкозёрного сортообразца «белесо-серо-жёлтоватое 2426/2-22» – 12,8 % (соответственно, слабо-, средне- и сильнопоражённые ядра в соотношении 2,4%-6,4%-4,0%) из лабораторной генколлекции (масса 1000 зёрен – 7,7 г; желтизна – 1,5 балла).

При анализе цифрового материала, представленного в таблице 2, отчётливо видны различия показателей по повторностям. По массе 1000 зёрен они составляют 0,1-0,2 г – это вполне естественное варьирование, в т. ч. за счёт разной крупности зерна в верхней, средней и нижней части метёлок проса. Оценки по желтизне ядра отличались на 0,5 балла только в некоторых случаях. Наибольшие колебания данных характерны для результатов по количеству меланозных ядер – как среди краснозёрных, так и среди желтозёрных сортообразцов. Однако при этом важно увидеть главное: 1 – степень восприимчивости к меланозу практически не зависит от крупности зерна и 2 – сортообразцы проса уже «на уровне» СП-1 обладают генетически дифференцированными различиями реакций на инфекцию, вызывающую подплёночное поражение зерна. Естественно, большинство генотипов с «условно высокой» восприимчивостью к меланозу, как правило, теряют ценность для дальнейшей селекционной работы («уходят в брак»).

Селекционный питомник 2-го года ежегодно формируется из сортообразцов СП-1 с максимально выраженным комплексом ценных признаков, в т. ч. с минимальной и средней степенью поражения меланозом. При этом приходится учитывать, что это уже не только следующее поколение линий (гетерогенность по полигенно контролируемым признакам – «обычное» явление), но и иные условия среды (в виде «комбинаций» взаимодействия гидротермических и прочих факторов), и количество анализируемых зёрен возрастает с 250 до 500. Поэтому вполне естественно, что в СП-2 не все линии подтверждают оценки, полученные в СП-1. Однако ранжирование сортов-стандартов и новых линий проса по степени восприимчивости к меланозу (на «условно» слабо-, средне- и сильновосприимчивые) показывает тот же результат, что и в СП-1 – размеры и вес зерна не коррелирует явным образом с иммунологическими свойствами сортообразцов. Так, Саратовское 10 и Золотистое во всех представленных блоках (нечётные номера блоков – 14 желтозёрных линий + стандарты Саратовское 10 и Золотистое; чётные – 14 краснозёрных линий + те же стандарты) в 2024 г. были практически идентичны по массе 1000 зёрен (8,4...8,5 г), однако существенно («в разы») отличались по степени восприимчивости к подплёночной инфекции в пределах каждого блока (табл. 3).

**Результаты оценки сортообразцов проса на устойчивость к меланозу зерна
в селекционном питомнике 2-го года*. 2024 г.**

№ бло-ка *	Саратовское 10 (краснозёрный стандарт)		Золотистое (желтозёрный стандарт)		«Лучший» ** номер в блоке		«Худший» ** номер в блоке	
	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, % ***	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, %	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, %	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, %
1	8,4	<u>1,2</u> *** 0,2-0,4-0	8,4	<u>0</u> 0-0,4-0	9,2	<u>0</u> 0-0-0	9,4	<u>1,6</u> 0,4-0,4-0,8
2	8,4	<u>0,8</u> 0,4-0,4-0	8,5	<u>0</u> 0-0-0	9,7	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,2	<u>1,6</u> 0,4-0,8-0,4
3	8,4	<u>2,0</u> 0,4-1,6-0	8,5	<u>0</u> 0-0-0	8,7	<u>0</u> 0-0-0	9,6	<u>1,2</u> 0,8-0,4-0
4	8,5	<u>1,2</u> 0-0,8-0,4	8,7	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,3	0 0-0-0	10,0	<u>1,2</u> 0-1,2-0
5	8,5	<u>2,0</u> 0,4-0,8-0,8	8,6	<u>0</u> 0-0-0	9,3	<u>0</u> 0-0-0	8,8	<u>1,2</u> 0-0,4-0,8
6	8,4	<u>1,6</u> 0,8-0,4-0,4	8,5	<u>0,4</u> 0-0,4-0	9,1	<u>0</u> 0-0-0	9,5	<u>2,8</u> 0,8-0,8-1,2
7	8,4	<u>1,2</u> 0,4-0,8-0	8,6	<u>0,4</u> 0-0-0,4	9,2	<u>0</u> 0-0-0	9,0	<u>1,6</u> 0,8-0,8-0
8	8,5	<u>2,0</u> 0,4-0,8-0,8	8,5	<u>0,8</u> 0-0,4-0,4	9,1	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,4	<u>1,2</u> 0-0,8-0,4
9	8,3	<u>2,0</u> 0,8-1,2-0	8,4	<u>0,4</u> 0-0,4-0	9,6	<u>0,2</u> 0-0,8-0	9,4	<u>3,2</u> 0,8-1,2-1,2
10	8,5	<u>0,8</u> 0,4-0,4-0	8,5	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,3	<u>0,4</u> 0,4-0-0	8,9	<u>1,2</u> 0,4-0,8-0
Сре днее	8,4	<u>1,5</u> 0,4-0,8-0,2	8,5	<u>0,3</u> 0,1-0,1-0,1	9,3	<u>0,3</u> 0,1-0,2-0	9,3	<u>1,7</u> 0,4-0,8-0,5
НСР 05	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4

Примечания: * – 4-рядковые делянки 4,5-6,5 м² (с междурядьями 30 см); повторность посевов – двукратная; объём каждого блока – 14 сортообразцов проса из СП-1 предыдущего года + 2 стандарта – краснозёрное Саратовское 10 и желтозёрное Золотистое (в блоках с нечётными номерами изучаются желтозёрные генотипы, с чётными – краснозёрные); ежегодно проводится анализ 500 типичных зерен (по 250 зёрен в двух полевых повторностях); ** – соответственно, **менее** или **более** поражённый меланозом по сравнению с сортами-стандартами; *** – в числителе – сумма меланозных ядер (%), в знаменателе – доля (%) слабо-, средне- и сильно испорченных ядер (зерен с удаленными цветковыми пленками); * – коэффициент корреляции «масса 1000 зёрен - % поражения меланозом» - слабый ($r = -0,12 \pm 0,03$).

Обращает на себя внимание важная деталь – у сортов-стандартов просматривается определённая синхронность по степени поражения меланозом в конкретных блоках линий, причём Золотистое в СП-2 / 24 г. отчётливо подтвердило статус сорта, «наиболее устойчивого» к меланозу. Среди «лучших» линий (по степени поражения меланозом) масса 1000 зёрен составила 8,7...9,7 г. – т. е. выше обоих стандартов в сочетании с минимальным поражением. Идентичные результаты по массе 1000 зёрен получены и среди условно «худших» линий – 8,9-10,0 г., а степень их поражения только в половине случаев превышает Саратовское 10 при очевидном превосходстве по крупности зерна (см. блоки № 1, 6, 9).

Один из важных вопросов в селекции проса на усиление меланозоустойчивости – проявление признака у конкретных сортообразцов в череде «всегда различных» условий вегетации растений. Отмеченная выше слабая («почти отсутствующая») отрицательная корреляция достаточно высокой устойчивости к болезни с крупнозёрностью, равно как и с округлой формой зерна (овальнозёрные и тем более – «сплюснутозёрные» генотипы в нашей работе – заведомый брак; при скрещивании генотипов с шаровидным зерном в большинстве гибридных комбинаций они не выщепляются) достаточно «устойчивая» конструкция применительно к конкретным сортам.

Данные, представленные в таблице 4, отчетливо показывают, что в результате целенаправленной селекции на комплекс признаков в ФАНЦ Юго-Востока созданы сорта проса и перспективные линии, сочетающие, в частности, «взаимоотрицательные» признаки (по устоявшемуся мнению) – крупнозёрность + устойчивость к меланозу. Рекомендованные к возделыванию [5] и новые сортообразцы проса (выделены курсивом) помимо крупного зерна с минимальной восприимчивостью к меланозу обладают высокими показателями по продуктивности, содержанию каротиноидных пигментов, технологическим и кулинарным характеристикам в сочетании с соответствующими генами устойчивости к головне.

Таблица 4

**Проявление меланоза зерна у некоторых сортов проса в конкурсном испытании.
2023, 2024, 2025 г.***

Название сорта, новой линии	2023		2024		2025		Средние данные	
	МТЗ, г**	Меланоз, %***	МТЗ, г.	Меланоз, %	МТЗ, г.	Меланоз, %	МТЗ, г.	Меланоз, %
Саратовское 853****	8,2	0,9	8,0	1,4	8,3	1,8	8,2	1,4
Саратовское10	8,8	0,5	8,4	0,7	8,7	1,4	8,6	0,9
Саратовское 15	9,1	0,5	8,8	0,9	9,2	0,7	9,0	0,7
<i>Сангвинеум 6-23</i>	9,2	0,7	9,0	0,7	9,4	1,1	9,2	0,8
<i>Субсангвинеум 7-23</i>	9,2	1,3	8,8	0,7	9,1	1,2	9,0	1,1
Золотистое	8,8	0,5	8,5	0,1	8,7	0,8	8,7	0,5
Саратовское жёлтое	9,0	0,4	8,5	0,4	8,7	1,0	8,7	0,6
Сарбин	9,3	0,2	8,6	0,6	8,9	0,8	8,9	0,5
Сардар	8,9	0,8	8,6	0,1	9,0	1,1	8,8	0,7
<i>Субауреум 15-23</i>	9,3	0,5	8,9	0,1	9,2	1,4	9,1	0,7
<i>Ауреум 16-23</i>	9,8	0,4	9,4	0,2	9,8	0,6	9,7	0,4
НСР _{0,5}							0,2	0,3

Примечания: * – указанные годы сложились неблагоприятными для возбудителей меланоза зерна; ** – масса 1000 зёрен (г); *** – суммарное содержание ядер (зёрен без цветковых оболочек), слабо-, средне- и сильно поражённых меланозом (в %); **** – первый сорт селекции института: ежегодно высевается и изучается в качестве «стартового» уровня по всем селективируемым признакам растений проса посевного в условиях Саратова.

В настоящее время среди рекомендованных к возделыванию сортов проса посевного помимо «традиционных» краснозёрных и/или желтозёрных (в т. ч. пригодных для производства высококачественного пшена) имеются и белозёрные [5] – с более тонкими цветковыми плёнками, которые слабее, чем толстостенные («грубые»), защищают от «выгорания» каротиноидные пигменты (один из наиболее ценных биохимических компонентов пшена) и от попадания в наливающеся зерно инфекции, вызывающей меланоз. В этой связи возрастает роль «настоящих» - генетически контролируемых иммунологических механизмов - для защиты зерна от возбудителей меланоза. По мнению авторов данной статьи, применяемая нами методика селекции проса на меланозоустойчивость (как составная часть технологии эколого-генетического совершенствования просяного растения в сложных климатических условиях) даёт положительные результаты и вносит определённый вклад в решение «общей» проблемы – сохранения проса посевного в качестве ценной продовольственной культуры.

Выводы

1. Опыт работы и результаты селекции проса в ФАНЦ Юго-Востока (длительной по срокам и с «эволюционно-накапливаемыми» результатами) на комплекс признаков, включая усиление устойчивости к меланозу в сильно изменчивых гидротермических условиях, показывают, что целенаправленное создание сортов с повышенными генетико-иммунологическими реакциями против патогенной микрофлоры – наиболее эффективный и фактически единственный путь защиты качества зерна ценной крупяной культуры от данной болезни. Усиление «генетической составляющей» в меланозоустойчивости проса увеличивает, в свою очередь, возможности создания новых сортов, обладающих комплексом других хозяйственно ценных признаков.

2. Несмотря на отсутствие чётких критериев дифференциации вредоносности меланоза в посевах проса (включая селекционные) в конкретных и контрастных экологических условиях степень его проявления у различных линий (сортообразцов) однозначно является сортовым, генетически и иммунологически контролируемым признаком, сочетаемым с крупнозёрностью, устойчивостью к болезням, высоким качеством зерна, продуктивностью и адаптивностью.

Литература

1. Кулемина Т.В. Меланоз как фактор низкого качества зерна проса посевного (*Panicum miliaceum* L.). //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019; – 180(4):186-192. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-186-192>
2. Чирко Е.М. Поражение зерна меланозом в зависимости от сортовых особенностей проса. // Земледелие и растениеводство. – 2016;(6):8-12.
3. Сурков А.Ю., Суркова И.В. Пораженность проса некротическим меланозом в зависимости от морфологических и биологических особенностей. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 4(48). – С. 95-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-95-101
4. Никифорова Ю.И. Устойчивость раннеспелых и среднеранних образцов проса к меланозу в условиях Предкамской зоны республики Татарстан. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 1 (5). – С. 37-43.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений (Официальное издание). Москва, ФГБНУ «Росинформагротех», – 2024. – С. 37-38 (Просо посевное).
6. Тихонов Н. П. Особенности и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2014. - № 2(10). – С. 60-63. – EDN SFMRUR.
7. Тихонов Н. П., Тихонова Т.В. Эколого-генетические аспекты и результаты селекции проса посевного на крупнозёрность. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1(41). – С. 82-89. – DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-82-89.
8. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В. Саратовское 15 и Сардар – новые сорта проса посевного. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2024. - № 1 (49). – С. 124-131. DOI: 10.2441.12/2309-348X-2024-1-124-131.

References

1. Kulemina T.V. Melanosis as a factor of low grain quality in common millet (*Panicum miliaceum* L.). Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019, no. 180(4), pp.186-192. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-186-192>
2. Chirko E.M. Grain infection with melanosis depending on varietal characteristics of millet. *Agriculture and Plant Growing*. 2016, no.(6), pp.8-12.
3. Surkov A.Yu., Surkova I.V. Infection of millet with necrotic melanosis depending on morphological and biological characteristics. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no.4(48), pp.95-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-95-101
4. Nikiforova Yu.I. Resistance of early-ripening and mid-early millet accessions to melanosis in the conditions of the Pre-Kama zone of the Republic of Tatarstan. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2013, no.1(5), pp.37-43.
5. State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. Plant Varieties (Official publication). Moscow, FGBNU "Rosinformagrotekh", 2024, pp. 37-38 (Common millet).
6. Tikhonov N.P. Features and results of common millet breeding for resistance to grain melanosis. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, no. 2(10), pp. 60-63, EDN SFMRUR.
7. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V. Ecological and genetic aspects and results of common millet breeding for large grain size. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no. 1(41), pp. 82-89, DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-82-89, EDN LWVLWZ.
8. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V. Saratovskoe 15 and Sardar – new varieties of common millet. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no.1(49), pp.124-131. DOI: 10.2441.12/2309-348X-2024-1-124-131.

РОЛЬ ФРАКЦИИ СЕМЯН ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

А.Н. ГУСЕВА, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0002-8711-8118,

E-mail: gusevazbk@mail.ru

З.Р. ЦУКАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID: 0009-0000-3654-4948, E-mail: ztsukanova@list.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования влияния фракции семян на продуктивные характеристики люпина узколистного сорта Орловский сидерат 2. Актуальность работы обусловлена растущим интересом к люпину как культуре, способствующей улучшению почвенных ресурсов. Установлено, что крупная фракция семян способствует улучшению полевой всхожести на 4,3%, числа бобов – на 1,3 шт./раст., семян – на 6,01 шт./раст., а также повышает массу 1000 семян и общую урожайность на 0,19 т/га. Выявлено, что использование крупной фракции позволяет повысить экономическую эффективность выращивания люпина благодаря повышенной рентабельности и стабильности урожая.*

Ключевые слова: люпин узколистный, урожайность, масса 1000 семян, выход кондиционных семян.

Для цитирования: Гусева А.Н., Цуканова З.Р. Роль фракции семян при формировании урожая люпина узколистного. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):100-105 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-100-105

THE ROLE OF SEED FRACTION IN THE FORMATION OF THE YIELD OF NARROW-LEAVED LUPINE

A.N. Guseva, Z.R. Tsukanova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract:** The article presents the results of a study on the influence of seed fraction on the productive characteristics of narrow-leaved lupine of the Orlovsky siderat 2 variety. The relevance of the work is due to the growing interest in lupine as a crop that helps improve soil resources. It was found that a large fraction of seeds improves field germination by 4.3%, the number of beans by 1.3 pcs/plant, seeds by 6.01 pcs/plant, and also increases the weight of 1000 seeds and the overall yield by 0.19 t/ha. It was found that the use of a large fraction allows for an increase in the economic efficiency of lupine cultivation due to increased profitability and yield stability.*

Keywords: narrow-leaved lupine, yield, 1000 seed weight, yield of quality seeds.

Люпин узколистный является ценной высокобелковой культурой. Внимание к люпину узколистному в последнее десятилетие неуклонно растет в связи со значительностью его роли в решении белковой проблемы в животноводстве и как средоулучшающего компонента в земледелии [1].

Узколистный люпин характеризуется высокой устойчивостью к засухе и низким температурам, что особенно важно в условиях меняющегося климата. Исследования И.С. Матюшкина показывают, что люпин способен успешно возделываться даже в регионах с суровыми климатическими условиями [2].

Люпин узколистный наиболее скороспелый из крупносеменных видов люпина, продолжительность вегетационного периода в среднем 85-110 дней [3]. Содержание белка в семенах люпина узколистного в зависимости от вида и сорта составляет 32-46% и жира 5-12%. Люпин обладает наибольшей азотфиксирующей способностью из всех зернобобовых культур, являясь хорошим предшественником для других культур. Он может использоваться как биологический компонент, повышающий плодородие в севообороте, и как сырье для получения экологически чистых продуктов. Именно поэтому, становится актуальным производство семян люпина для последующего внедрения в севообороты предприятий сельскохозяйственного сектора [4].

Цель исследований – определить оптимальную фракцию семян люпина узколистного для более эффективной реализации продуктивного потенциала.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на полях научного севооборота лаборатории семеноведения и первичного семеноводства ФНЦ зернобобовых и крупяных культур» в 2022-2024 г.г. в питомниках испытания потомств второго года.

Почвы опытного участка темно-серые лесные, по механическому составу среднесуглинистые. Агрохимическая характеристика почвы: мощность гумусового горизонта 30-35 см, содержание гумуса по Тюрину 4,1-4,5%, количество подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову 10,8 и 22 мг на 100 г почвы. Легкогидролизуемого азота по Кононовой 6,7-7,2 мг на 100 г почвы, рН солевой вытяжки – 5,6-6,0.

Предшественник – пар. Ранневесеннее боронование для закрытия влаги. Предпосевная обработка почвы – две культивации с боронованием. Посев проводили селекционной сеялкой СКС 6-10 с кассетным и порционным аппаратом. Комплекс полевых агротехнических мероприятий выполнялся в соответствии с требованиями зональной системы земледелия, с соблюдением методических указаний, связанных с получением чистосортного высококачественного семенного материала.

Проведение фенологических наблюдений, измерение морфологических параметров растений, определение величины и структуры урожая, сортовых и посевных качеств, урожайных свойств семенного материала. Анализы, учеты, оценка морфологических и хозяйственно полезных признаков проведены по общепринятым методикам: Методические указания Госсортсети (1985); Методические указания по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур (1990). Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием метода дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Определение посевных качеств – энергии прорастания, лабораторной всхожести и другие показатели качества семян – по действующим ГОСТ: ГОСТ 12038 -84, ГОСТ 12042-80, ГОСТ 12037-81, ГОСТ Р 52325-2005, содержание белка в зерне – ГОСТ 13586.1-86. Крупность и выравненность семян определяли на лабораторном рассевке классификаторе по ГОСТу 12037-81.

Индивидуальный отбор растений для структурного анализа проводили в фазу полной спелости. Объект исследований - сорт люпина узколистного Орловский сидерат 2 (рис. 1) [5]. Предмет изучения – фракция семян, посевные качества, урожайные свойства.



Рис. 1. Полевые посевы люпина узколистного сорта Орловский сидерат 2 (ФГБНУ ФНЦ ЗБК, 2024 год)

Результаты исследований и их обсуждение

В 2022 году посев люпина узколистного Орловский сидерат 2 проведен 12.05, в 2023 году – 21.04, в 2024 году – 25.04. Норма высева – 1,2 млн. всхожих семян на гектар, глубина заделки семян 4 см. Всходы появились 24.05 в 2022 году, 8.05 – в 2023 и 10.05 в 2024 году.

Погодные условия 2022-2024 годов характеризовались контрастностью метеопказателей по фенологическим фазам роста и развития растений люпина узколистного (табл. 1).

Таблица 1

Агрометеорологические условия вегетационного периода

Месяцы						
Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
	Температура воздуха, °С					
Средняя многолетняя	8,9	13,7	17,5	18,9	17,7	11,6
2022 год	11,5	11,5	19,1	19,1	21,8	9,9
2023 год	10,3	11,6	17,1	19,2	20,3	18,2
2024 год	11,6	12,9	19,5	22,1	21,2	19,3
Сумма осадков, мм						
Средняя многолетняя	52,5	50	74	85	59	52
2022 год	51,1	51,1	52,5	63,5	32,2	111,0
2023 год	32,9	16,8	55,9	77,3	43,9	0
2024 год	57	65,9	67,4	79,5	39,2	10

Весна 2022 года была теплой, что положительно сказалось на прорастании семян, лето характеризовалось стабильностью температур и повышенным количеством осадков.

Первая декада июля 2023 была благоприятной для развития растений, средне декадная температура воздуха была выше на 1,2°С нормы. Осадков в первой декаде июля месяца выпало 50% от нормы. Состояние посевов люпина узколистного было удовлетворительным.

Погодные условия 2024 года по температурному режиму и количеству выпавших осадков оказали своё непосредственное влияние на всхожесть семян, рост и развитие растений. За апрель месяц температура воздуха превышала среднюю многолетнюю норму на 2,7°С, осадков выпало всего на 4,5 мм выше средней многолетней нормы, что повлияло на прорастание семян и развитие растений.

Лабораторная и полевая всхожесть играют ключевую роль в обеспечении качественного посева, увеличении производительности и экологичности возделывания узколистного люпина (табл. 2).

Таблица 2

Влияние фракции семян на лабораторную и полевую всхожесть люпина узколистного

Фракция семян	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %						
< 5 мм	90	88	88	84	88	82	88,7	84,7
> 5,0 мм	94	89	89	86	92	92	91,7	89
НСР ₀₅	1,08	0,78	0,87	1,23	1,05	1,27		

Среднегодовая лабораторная всхожесть у фракции семян >5,0 мм составила 91,7%, что свидетельствует о высоком потенциале крупных семян для успешного роста растений в контролируемых условиях лаборатории, наибольшая лабораторная всхожесть установлена в 2022 году. Среднегодовая лабораторная всхожесть у фракции семян < 5 мм на 3% ниже лабораторной всхожести семян фракции > 5,0 мм. Средний показатель лабораторной всхожести у фракции семян < 5 мм за три года равен 88,7 %.

В ходе исследований установлено, что полевая всхожесть немного ниже лабораторной (от 86% до 92%), однако остается достаточно высокой. Среднегодовой показатель у фракции семян > 5,0 мм составил 89%, демонстрируя хорошие шансы крупных семян на успешное развитие в реальных полевых условиях. Показатель полевой всхожести фракции семян < 5 мм со средним значением 84,7% – немного снижен в сравнении с крупными семенами (от 82% до 88%)

В разные годы наблюдаются колебания всхожести, причем в отдельные периоды разница между фракциями усиливается. Например, в 2022 году лабораторная всхожесть мелких семян составила 90%, а крупных 94%, что подчеркивает значимость размера семян. Семена крупной размерной фракции способствовали повышению урожайности (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность люпина Орловский сидерат 2 в зависимости от фракции семян

Фракция семян	2022		2023		2024		Средняя за 2022-2024 год урожайность, т/га	Прибавка т/га
	Урожайность, т/га	Прибавка т/га	Урожайность, т/га	Прибавка т/га	Урожайность, т/га	Прибавка т/га		
< 5 мм	3,03	0,39	3,60	0,07	2,87	0,26	3,17	0,19
> 5,0 мм	3,42		3,53		3,13		3,36	
НСР ₀₅	0,16		0,08		0,13			

У люпина Орловский сидерат 2 наибольшая прибавка урожайности фракции семян > 5,0 мм в сравнении с фракцией < 5 мм отмечена в 2022 году и составила 0,39 т/га (12,9%). В среднем за три года более крупные семена способствовали росту урожайности на 0,19 т/га (6%). Самые низкие показатели урожайности у обеих фракций отмечены в 2024 году, ввиду сложившихся неблагоприятных условий в период налива бобов. Фракция < 5 мм семян показала наибольшую нестабильность урожайности (коэффициенты варьирования

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г. превышали 10%). Крупная фракция продемонстрировала более равномерные показатели урожайности.

За три года наименьшая существенная разность составляла примерно 0,08-0,16 т/га, что подтверждает наличие значимых отличий между двумя фракциями семян.

Использование семян разных фракции по-разному влияло на показатели структуры урожая (табл. 4). Следует отметить, что элементы структуры урожая имели более высокие показатели у фракции семян >5,0 мм. У фракция семян >5,0 мм отмечены растения с более длинным стеблем, но разница незначительна. Средняя длина стебля крупносеменной фракции на 1,9 см длиннее, что соответствует относительному увеличению на 3,9%. Среднее количество бобов с растения увеличилось на 1,3 шт (11,8%), количество семян с растения возросло на 6 штук. Рост массы семян с растения у фракции семян >5,0 мм составил 20%, следует отметить, что семена, полученные от крупносеменной фракции обладали большим размером. Масса 1000 семян возросла на 4,4%. Увеличение показателей говорит о большей продуктивности крупной фракции семян.

Таблица 4

Влияние фракции семян на показатели структуры урожая люпина Орловский сидерат 2 (среднее за 2022-2024 гг.)

Фракция семян	Длина стебля, см.	Число боковых побегов, шт.	Количество бобов шт./раст.	Количество семян шт./раст.	Количество семян в бобе, шт./раст	Масса семян гр./раст.	Масса 1000 семян, гр.
< 5 мм	48,5	2,5	10,6	36,065	3,3	4,5	119,2
>5,0 мм	50,4	2,1	11,9	42,075	3,5	5,4	124,5
Абсолютное отклонение	1,9	-0,4	1,3	6,01	0,2	0,9	5,3
Относительное отклонение, %	3,9	15,2	11,8	16,7	6,1	20	4,4

В результате экономического анализа (табл.5) установлено, что наиболее экономически целесообразно использовать фракцию семян люпина Орловский сидерат 2 >5,0 мм, экономический эффект от использования этой фракции составил 21986,1 рублей, рентабельность производства возросла на 2,1% в сравнении с применением фракции семян < 5 мм .

Таблица 5

Агроэкономическая эффективность использования различных фракций семян узколистного люпина сорта Орловский сидерат 2 (расчет для производства оригинальных семян)

Фракция семян	Урожайность (т/га)	Себестоимость производства (руб.)	Выручка (руб.)	Валовая прибыль (руб.)	Эконом. эффект от использования фракции (руб.)	Рентабельность реализованной продукции, %
< 5 мм	3,03	40110,1	181800	141689,9	-	77,9
>5,0 мм	3,42	41524	205200	163676	21986,1	79,8

Заключение

Таким образом, крупные семена показывают высокую и стабильную всхожесть как в лабораторных, так и полевых условиях, в то время как мелкие семена имеют меньшую полевую всхожесть. Эти различия сохраняются на протяжении трёх лет, подчеркивая важность выбора качественной семенной фракции для устойчивого производства сельскохозяйственной продукции.

Посев фракции семян >5,0 мм дает растения с более длинными стеблями, большим количеством боковых побегов, бобов и семян, а также с большей массой семян. Это может указывать на более высокую продуктивность и качество семян.

Использование крупной фракции семян обеспечивает лучшие показатели урожайности и стабильность результата по сравнению с мелкой фракцией. Результаты свидетельствуют о важности учета характеристик семян перед посевом для достижения высоких экономических показателей в производстве узколистного люпина.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по разделу «Экономическое обоснование технологии семеноводства зерновых, зернобобовых, крупяных культур, сои и многолетних трав с применением ассортимента фитосанитарных средств на сортах нового поколения, для получения семян с высокими сортовыми, посевными качествами и урожайными свойствами адаптивных к почвенно – климатическим условиям региона» (FGZZ-2022-0001)

Литература

1. Агаркова С.Н., Головина Е.В., Беляева Р.В. Формирование продуктивности сортами люпина узколистного в контрастных метеорологических условиях. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1(29). – С. 31-37. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11070.
2. Матюшкин И.С. Особенности выращивания узколистного люпина в условиях средней полосы России. // Российский сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 1. – С. 34-39.
3. Агеева П.А., Почутина Н.А. Люпин узколистный в обеспечении кормопроизводства растительным белком. // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XIV Международной научной конференции, Брянск, 24-26 мая 2017 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, – 2017. – С. 194-199.
4. Агеева П.А., Почутина Н.А., Матюхина М.В. Люпин узколистный - источник ценных питательных веществ для использования в кормопроизводстве. // Кормопроизводство. - 2020. - № 10. – С. 29-33.
5. Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Бударина Г.А., Грядунова Н.В., Задорин А.М., Зайцева А.И., Зеленев А.А., Мирошникова М.П., Суворова Г.Н., Фесенко А.Н., Хмызова Н.Г., Цуканова З.Р. Каталог сортов сельскохозяйственных культур селекции Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. – Орел: ФГБНУ ФНЦ ЗБК. Изд-во: ООО ПФ «Картуш», – 2021. – 200 с.

References

1. Agarkova S.N., Golovina E.V., Belyaeva R.V. Formation of productivity of narrow-leaved lupine varieties in contrasting meteorological conditions. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 1(29), pp. 31-37. DOI 10.24411/2309-348X-2019-11070.
2. Matyushkin I.S. Peculiarities of growing narrow-leaved lupine in central Russia. *Rossiiskii sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2020, no. 1, pp. 34 - 39.
3. Ageeva P.A., Pochutina N.A. Narrow-leaved lupine in providing forage production with plant protein. Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: Proc. XIV Intern. Sci. Conf., Bryansk, 24-26 May 2017, Bryansk: Bryansk Agrarian University. 2017, pp. 194-199.
4. Ageeva P.A., Pochutina N.A., Matyukhina M.V. Narrow-leaved lupine is a source of valuable nutrients for use in forage production. *Kormoproizvodstvo*, 2020, no. 10, pp. 29-33, EDN NBXRDL.
5. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Budarina G.A. Gryadunova N.V., Zadorin A.M., Zaitseva A.I., Zelenov A.A., Miroshnikova M.P., Suvorova G.N., Fesenko A.N., Khmyzova N.G. et al. Catalog of varieties of crops bred by the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops. Oreil, OOO PF «Kartush» Publ., 2021, 200 p. (In Russian)

МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ В ПОСЕВАХ ЛЮПИНА БЕЛОГО

Л.И. ПИМОХОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-9565-8176, E-mail: lupin.fitopat@mail.ru

М.Ю. АНИШКО, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-5803-0507, E-mail: lupin_mail@mail.ru

Ж.В. ЦАРАПНЕВА, старший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-0311-5896

Н.В. МИСНИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-5746-6539, E-mail: lupin_nvmsnikova@mail.ru

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЮПИНА
– ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ВИК ИМ. В.Р. ВИЛЬЯМСА» Г. БРЯНСК

*Люпин белый является высокобелковой культурой и обладает высоким потенциалом продуктивности. Урожайность зерна в производственных условиях может достигать 4-5 т/га. К числу основных факторов, снижающих продуктивность люпина белого, относятся болезни. Наибольший вред посевам люпина наносят грибковые заболевания антракноз и фузариоз. Антракноз вызывается несовершенным грибом *Colletotrichum lupini* var. *Lupini*. Фузариозное увядание вызывается несовершенными грибами из рода *Fusarium*. Интенсивность их развития и распространения в посевах люпина определяется количеством осадков и температурой воздуха в вегетационный период. Цель исследований – провести мониторинг развития и распространения вредных организмов на люпине белом для предотвращения риска появления эпифитотий заболеваний и создание благоприятной фитосанитарной обстановки в посевах этой культуры для получения высокого урожая семян. Работа проводилась в 2022-2024 годах в полевых почвенно-климатических условиях юго-западной части Нечерноземной зоны и в лаборатории ВНИИ люпина – филиале ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса». Проведенными исследованиями установлено, что доминирующим заболеванием на люпине белом является антракноз. В 2022 году для развития и распространения возбудителя заболевания сложились благоприятные условия, которые привели к тому, что поражение растений и бобов соответственно составило 64,2 и 98,3%, что достоверно ($HCp_{05} = 0,027$) снизило урожай семян люпина белого до 0,67 т/га. Для снижения потерь урожайности семян люпина белого необходимо проводить обеззараживание посевного материала высокоэффективными протравителями и своевременно обрабатывать посева фунгицидами против возбудителей данных грибковых заболеваний.*

Ключевые слова: люпин белый, антракноз, фузариоз, условия вегетации, урожайность.

Для цитирования: Пимохова Л.И., Анишко М.Ю., Царапнева Ж.В., Мисникова Н.В., Мониторинг развития и распространения болезней в посевах люпина белого. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):106-112 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-106-112

MONITORING FOR DISEASES' DEVELOPMENT AND EXTENSION IN WHITE LUPINE CROPS

L.I. Pimokhova, M.Yu.Anishko, Zh.V. Tsarapneva, N.V. Misnikova

ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN – BRANCH OF THE FEDERAL
WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION & AGROECOLOGY

Abstract: *White lupine is a high protein crop and has a high productivity potential. Diseases belong to the main factors which eliminate white lupine productivity. Under the production conditions the yield could make 4 – 5 t/ha. The fungi diseases anthracnose and Fusarium are the most harmful for lupine crops. Anthracnose is caused by an imperfect fungus Colletotrichum lupini var. Lupini. The fusarium wilt is caused by imperfect fungi Fusarium spp. The intensity of their development and extension in lupine crops depends on rain and air temperature during the vegetation period. The aim of the research is to monitor the development and extension of harmful organisms in white lupine to prevent the epiphytotic diseases' risk and to create favorable phytosanitary situation in lupine crops to produce high seed yield. The work has been done under field soil-and-climatic conditions of the South-West part of the Non-Chernozem zone and in a laboratory of the All-Russian Lupine Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center. The made tests showed that the dominate disease in white lupine is anthracnose. In 2022 were favorable conditions for pathogen development and occurrence resulted in plants' and pods' infection of 64.2 and 98.3% respectively; it true decreased the white lupine seeds' yield to 0.67 t/ha (LSD05 – 0.027). It's necessary to decontaminate sowing material with high effective dressers to eliminate white lupine seeds yield losses and timely add fungicides against these fungi diseases into crops.*

Keywords: white lupine, anthracnose, Fusarium, vegetation conditions, yield.

Введение

Люпин белый (*Lupinus albus* L.) – высокобелковая зернобобовая культура; семена содержат 36 – 40% белка, 8-12% жира. Современные сорта люпина белого обладают высоким потенциалом продуктивности [1]. Урожайность зерна в производственных условиях достигает 4 – 5 т/га. В отличие от сои семена люпина белого почти не содержат ингибиторов трипсина, что позволяет использовать их на корм животным без термической обработки [2]. В настоящее время увеличение объемов производства люпина особо актуально в рамках процессов импортозамещения [3]. Люпин белый, как и все зернобобовые культуры, поражается многими болезнями, что снижает его продуктивность и препятствует расширению посевных площадей. Наибольший вред люпину оказывают заболевания, вызываемые фитопатогенными грибами, которые значительно снижают урожайность зерна и зеленой массы [2, 4]. При этом самыми опасными и вредоносными заболеваниями люпина являются антракноз и фузариоз. Антракноз вызывается несовершенным грибом *Colletotrichum lupini* var. *Lupini*. При благоприятных погодных условиях для развития патогена – температура воздуха 18-25°C и влажность воздуха 75-90% – создаются идеальные предпосылки для эпифитотий антракноза. Размножение и распространение патогена в период вегетации происходит при помощи конидиального спороношения. Потери урожая семян от этой болезни могут составлять от 30 до 90%. Фузариозное заболевание вызывается несовершенными грибами рода *Fusarium*. Развитие и распространение фузариоза зависит от вида возбудителя, его биологических особенностей и факторов окружающей среды. Болезнь проявляется очагами в течение вегетации культуры [2, 5]. Степень вредоносности заболеваний зависит от инфицированности высеваемых семян, состояния почвы и климатических условий в период вегетации. С потеплением климата увеличивается продолжительность активного жизненного цикла фитопатогенных грибов, что приводит к поражению растений на более ранних фазах развития культур [6]. На территории Брянской области за период с 1976 г. по 2016 г. произошло увеличение среднегодовой температуры воздуха на 2,1°C [7]. Постоянный мониторинг за появлением заболеваний растений позволяет корректировать проведение защитных мероприятий и предотвращать потери урожая.

Цель исследований – провести мониторинг развития и распространения вредных организмов на люпине белом для предотвращения риска появления эпифитотий заболеваний и создание благоприятной фитосанитарной обстановки в посеве этой культуры для получения высокого урожая семян.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в 2022-2024 годах в полевых почвенно-климатических условиях юго-западной части Нечерноземной зоны и в лаборатории ВНИИ люпина – филиале ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса». Изучение распространенности антракноза и фузариоза проводили на растениях люпина белого сорт Мичуринский в посеве без применения средств защиты. Площадь опытной делянки – 32 м², повторность четырехкратная. Для посева использовали сеялку СН 16. Норма высева семян 1,0 млн. всхожих семян на 1 га. Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая с содержанием подвижных форм фосфора – 10,8 мг/100 г почвы, обменного калия 121 мг/кг почвы, гумуса – 2,5%. Агротехника – общепринятая для условий Брянской области. Учет распространения заболеваний проводили в соответствии с принятыми в фитопатологии методиками [8] (Чумаков А.Е. 1974, Хохряков М.К. 1976).

Идентификация возбудителей заболеваний проводилась с помощью влажных камер и светового микроскопа по морфологическим признакам спороношения. Выделение возбудителей заболеваний растений люпина проводили в течение всего вегетационного периода из собранного в полевых условиях материала по общепринятой методике. Урожай семян определяли с каждой делянки путем сплошного обмолота бобов комбайном «Сампо-500». Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализа [9].

Метеоусловия в годы исследований (май-август) различались по суммарному гидротермическому обеспечению и динамике распределения тепла и влаги. В 2022 году первая половина вегетации (май – июнь) характеризовалась большим количеством осадков по сравнению с тем же периодом 2023 года. Так, в мае и июне 2022 года их выпало на 30,5 и 10,8 мм больше по сравнению со среднемноголетними значениями. При этом вторая половина вегетации (август) отличалась недостатком влаги. Сумма осадков в августе составила 16,2 мм, что меньше среднемноголетних значений на 52,8 мм. В 2023 году первая половина вегетационного периода (май и июнь) отличалась острым недостатком влаги. Осадков выпало меньше нормы на 42,6 и 12,7 мм соответственно. Вторая половина вегетации (август) характеризовалась избыточным количеством влаги. Осадков выпало больше нормы на 24,5 мм. В 2024 году избыточное количество осадков выпало в июне и составило 133,6 мм, что больше среднемноголетних значений на 54,6 мм.

За годы исследований средняя температура воздуха в июне, июле и августе была выше среднемноголетних значений на 2,0; 2,1 и 3,7°С соответственно. В мае среднесуточная температура воздуха была самой низкой (12,5°С), это ниже нормы на 1,0°С.

Результаты и их обсуждение

Развитие и распространение болезней на люпине белом в годы исследований определялось погодными условиями вегетационного периода. Важным фактором, влияющим на уровень поражения растений люпина болезнями, является количество дождевой влаги, выпавшей в июне – июле.

В 2022 году избыточное количество осадков в июне и июле (89,8 и 83,4 мм) при температуре воздуха 19,4 и 18,7°С повлияли на развитие и распространение возбудителя антракноза в посеве люпина, которое приобрело эпифитотийный характер. В этот период растения люпина находились в фазах активного роста и развития, и количество поражения растений антракнозом увеличивалось в геометрической прогрессии. К концу фазы цветения количество пораженных этим заболеванием растений составило 64,2% (таблица).

Установлено, что массовое поражение растений антракнозом происходит во время дождя, сопровождаемого сильным ветром при среднесуточной температуре воздуха 18-26°С [2].

Поражение антракнозом и фузариозом люпина белого сорт Мичуринский

Год	Поражение болезнями, %								Урожайность семян, т/га
	Антракнозом				Фузариозом				
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август	
2022	3,1	47,2	64,2	98,3	1,8	3,8	8,3	17,7	0,67
2023	5,4	14,7	17,3	4,1	1,5	3,7	5,2	10,9	1,07
2024	1,7	24,7	36,3	63,3	2,7	4,1	10,3	19,1	1,32
НСР ₀₅	-	-	-	-	-	-	-	-	0,027

Впоследствии во время дождей инфекция возбудителя антракноза распространилась на молодые бобы. В результате количество бобов с признаками этого заболевания в фазу блестящего боба составило 98,3% (рис. 1).



Рис 1. Поражение антракнозом (*Colletotrichum lupini*) растений и бобов люпина белого в фазу сизо-блестящих бобов

Значительно меньшее поражение посева люпина антракнозом отмечено при погодных условиях вегетационного периода 2023 года. Засушливые условия мая и июня не способствовали интенсивному распространению инфекции антракноза по посеву. Поэтому количество растений и бобов с признаками заболевания составило 17,3 и 4,1% соответственно. В среднем за годы исследований количество растений, пораженных антракнозом, составило 39,3%, а бобов – 55,2%.

Наиболее благоприятные условия для развития фузариоза в посевах люпина сложились в вегетационный период 2024 года. В июне осадков выпало больше нормы на 54,6 мм, среднесуточная температура воздуха составила 19,4°C. Данные условия были благоприятны для интенсивного роста и развития возбудителя заболевания люпина. Установлено, что оптимальная температура для развития гриба находится в пределах от 18 до 25°C [10, 11]. Обследование посева люпина в период бутонизации - цветения показало, что поражение растений фузариозом составило 4,1%. Недостаток почвенной влаги на фоне среднесуточной температуры воздуха в июле усилили проявление внешних признаков болезни. К концу июля количество растений, пораженных фузариозом, увеличилось и составило 10,3%. В засушливых условиях августа поражение растений этим заболеванием увеличилось и к концу вегетации составило 19,1%. Пораженные растения увядали группами, листовые пластинки повисали на черешках, засыхали и осыпались (рис. 2).



Рис. 2. Поражение растений люпина белого фузариозом (*Fusarium spp.*) в фазу блестящего боба

Наши наблюдения показывают, что интенсивное поражение растений люпина белого фузариозом происходит, когда период с избыточным количеством влаги при оптимальной для развития патогена температуре сменяется почвенной и воздушной засухой. Установлено, что высокие температуры провоцируют ускоренный рост растений, что приводит к уменьшению содержания в их тканях кальция и микроэлементов, и высокой восприимчивости к болезням [7].

Поражение растений люпина белого антракнозом и фузариозом оказывают отрицательное влияние на продуктивность растений, что значительно снижает урожайность семян. При этом поражение растений люпина белого антракнозом наносит более значительный вред, чем фузариоз. Наименьшая урожайность семян люпина белого (0,67 т/га) за годы исследований была получена в 2022 году, когда поражение растений и бобов антракнозом было максимальным и составило 64,2 и 98,3%. Как уже отмечалось выше, максимальное поражение растений фузариозом (19,1%) происходило при погодных условиях 2024 года. При этом урожайность семян люпина белого составила 1,32 т/га, что на 0,65 т/га больше по сравнению с урожаем 2022 года. Для люпина белого это очень низкая урожайность семян. Поэтому для уменьшения количества больных растений антракнозом и фузариозом в посеве люпина белого и получения более высоких урожаев семян этой культуры необходимо применять высокоэффективные протравители для обеззараживания посевного материала и фунгициды в вегетационный период против возбудителей данных заболеваний. В производственных условиях применение высокоэффективных средств защиты против антракноза и других болезней люпина белого позволяет получать более высокие урожаи семян (3,0-5,0 т/га) этой культуры [12, 13].

Заключение

Проведенный мониторинг посевов люпина белого за годы исследований выявил, что значительный вред этой культуре наносят грибковые заболевания антракноз и фузариоз. Развитие и распространение болезней на люпине белом зависело от погодных условий вегетационного периода. При этом самой вредоносной болезнью люпина является антракноз. Возбудитель заболевания несовершенный гриб *Colletotrichum lupini* интенсивно развивался и распространялся на люпине в теплых и избыточно влажных условиях вегетации 2022 года. Поражение бобов к фазе блестящего боба составило 98,3%. Собранный урожай семян

снизились до 0,67 т/га. Наибольшее поражение растений люпина белого фузариозом происходило в условиях вегетации 2024 года, когда избыточное количество влаги в июне и июле сменилось почвенной и воздушной засухой в августе. При этом урожай семян люпина белого составил 1,32 т/га. В связи с этим необходимо постоянно проводить мониторинг развития и распространения болезней в посевах люпина с целью своевременного проведения защитных мероприятий и снижения потерь урожайности семян.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGGW-2025-0003 «Научная теория и биологические основы разработки адаптивных технологий производства высококачественных семян сортов нового поколения наиболее значимых сельскохозяйственных культур на базе оптимизации структуры их семенных агрофитоценозов с учетом агроэкологических требований возделывания в субъектах Российской Федерации»

Литература

1. Лукашевич М.И., Селиванова М.Е., Свириденко Т.В. Комплексная оценка генофонда люпина белого (*Lupinus albus* L.). // Кормопроизводство. – 2024. – № 9. – С. 7-11. DOI: 10.30906/1562-0417-2024-9-7-11
2. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И. и др. Люпин: селекция, возделывание, использование. – Брянск, ГУП «БОПО», – 2020. – 304 с.
3. Кублин И.М., Прушак О.В., Санинский С.А. Люпин: переворот в производстве белковых кормов для сельскохозяйственной отрасли. // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 6. – С. 32-39. DOI: 10.28983/asj.y2024i6pp32-39
4. Пимохова Л.И., Мисникова Н.В., Яговенко Г.Л., и др. Мониторинг патогенной микрофлоры в посевном материале сортов люпина белого и узколистного в условиях Брянской области. // Достижения науки и техники АПК. – 2022. - № 36(6). – С. 41-48. DOI: 10.53859/02352451_2022-36-6-47
5. Сердюк О.А., Трубина В.С., Горлова Л.А. Влияние фузариозного увядания на продуктивность растений яровых рапса и горчицы сарептской. // Защита растений от вредных организмов: материалы XI междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар: КубГАУ, – 2023. – С. 350-352.
6. Игнатов А.Н., Кошкин Е.И., Андреева И.В., и др. Влияние глобальных изменений климата на фитопатогены и развитие болезней растений. // Агрехимия. - 2020. - № 12. – С. 81-96. DOI: 10.31857/S0002188120120042
7. Мамеев В. В. Изменение агрометеорологических условий в юго-западной части центра России и их влияние на урожайность озимой пшеницы. // Вестник Алтайского ГАУ. – 2021. – № 6(200). – С. 5-13.
8. Кунгурцева О. В. Методы мониторинга антракноза люпина. – СПб: ВНИИ защиты растений, 2002. – 11 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М. – 2011. – 351 с.
10. Корнейчук Н. С. Грибные болезни люпинов. – Киев: Колобиг, – 2010. – 374 с.
11. Купцов Н.С., Пашкевич А.П., Шор В.Ч. и др. Люпин белый – ценная маслично-белковая культура. // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 1. – С. 23-27.
12. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В. Д. и др. Удобрение и продуктивность люпино-пшеничной смеси на сенаж и зерно при разных метеорологических условиях в Центральном Нечерноземье. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2024. - № 1(49). - С. 87 – 96. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-87-96
13. Архангельская А.С., Резвякова С.В., Стебаков В.А. Влияние защитных мероприятий на урожайность люпина белого Дега. // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 2(89). – С. 16-22. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.16

References

1. Lukashевич M.I., Selivanova M.E., Sviridenko T.V. Complex evaluation of *Lupinus albus* L. genebank. *Kormoproizvodstvo*, 2024, no. 9, pp. 711. DOI: 10.30906/1562-0417-2024-9-7-11 (In Russian)
2. Kosolapov V.M., Yagovenko G.L., Lukashевич M.I. et al. Lupin: breeding, cultivation, use. Bryansk, GUP «БОПО», 2020. 304 p. (In Russian)
3. Kublin I.M., Pruschak O.V., Saninsky S.A. Lupine: a revolution in the production of protein feeds for the agricultural industry. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2024, no. 6, pp. 32-39. DOI:10.28983/asj.y2024i6pp32-39 (In Russian)
4. Pimokhova L.I., Misnikova N.V., Yagovenko G.L., et al. Monitoring of pathogenic microflora in the seed material of white and blue lupine varieties under the conditions of the Bryansk region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, no. 36(6), pp. 41-48. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-6-47 (In Russian)
5. Serdyuk O.A., Trubina V.S., Gorlova L.A. Influence of fusarium wilt on the productivity of spring rapeseed and brown mustard. *Zashhita rastenij ot vredny`x organizmov. Proceed. of the XI Int. Sci.-prakt. Conf.*, Krasnodar: KubGAU, 2023, pp. 350 – 352. (In Russian)
6. Ignatov A. N., Koshkin E. I., Andreeva I. V., et al. Impact of global climate change on plant pathogens occurrence. *Agrokimiya*, 2020, no. 12, pp. 81-96. DOI: 10.31857/S0002188120120042 (In Russian)
7. Mameyev V.V. The changes of agrometeorological conditions in the south-western part of the center of Russia and their influence on winter wheat yields. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, no. 6(200), pp. 5-13. (In Russian)
8. Kungurceva O.V. Methods for monitoring of lupine anthracnose. Sankt-Petersburg, VNII zashhity` rastenij, 2002, 11 p. (In Russian)
9. Dospekhov B.A. Methodology of field experiments (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, 2011, 351 p. (In Russian)
10. Kornejchuk N.S. Fungi diseases of lupines. Kiev: Kolobig, 2010. 374 p. (In Russian)
11. Kupczov N.S., Pashkevich A.P., Shor V. Ch., et al. White lupin as a valuable oil-and-protein crop. *Zemledelie i zashhita rastenij*, 2020, no. 1, pp. 23-27. (In Russian)
12. Kononchuk V. V., Timoshenko S. M., Shtyrkhunov V. D., et al. Fertilizer and productivity of lupin-wheat mixture for haylage and grain under different meteorological conditions in the Central Non-Chernozem region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no. 1(49), pp. 87-96. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-87-96 (In Russian)
13. Arkhangelskaya A. S., Rezvyakova S.V., Stebakov V. A. The effect of protective measures on the yield of white Dega lupine. *Vestnik agrarnoj nauki*, 2021, no. 2(89), pp. 16-22. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.16 (In Russian)

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

И.Ю. КУЗНЕЦОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-7849-5897,

E-mail: kuznecov_igor74@mail.ru

Ф.Ф. АВСАХОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-3929-1637,

E-mail: firdavis.avsakhov@mail.ru

Н.С. АНОХИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-9872-2612,

E-mail: anokhina.ns@yandex.ru

Э.Р. ДАУТОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

E-mail: dautovailmira74@yandex.ru

А.Г. ЯГУДИН, аспирант, E-mail: aygiz.yagudin@mail.ru

БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, Г. УФА

Аннотация. *Озимая пшеница – одна из важнейших, наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур. Целью исследований являлось определение параметров экологической пластичности и стабильности признака масса 1000 зерен у сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Республики Башкортостан. Объект исследований – 11 сортов и линий озимой мягкой пшеницы. Проведены исследования индекса условий среды, коэффициента экологической пластичности и стабильности, мультипликативности, адаптивности, а также устойчивости к стрессу и компенсаторной способности. По результатам исследований 2021-2024 гг. можно сделать вывод, что наиболее благоприятным для возделывания озимой мягкой пшеницы был 2022 г. (с индексом среды 1,40). Больше отзывчивостью ($bi > 1$) на улучшение условий среды обладали сортообразцы: Новоершовская, Сарра, Анастасия и Безенчукская 380 ($bi = 1,33 \div 1,94$). Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сорт Новоершовская имеющий $bi = 1,94$. По результатам проведенных расчетов, наиболее пластичными являются сорта Новоершовская и Волжская К ($К.А. = 103,06 \div 103,14\%$). Менее адаптивным оказался сорт Сарра ($К.А. = 102,5\%$), слегка превысив стандарт. Сорта и линии: Безенчукская 380, У 214, Калач 60, Волжская К и А 312 ($ИЭП = 1,07 \div 1,38$) характеризуются как пластичные (по А. А. Грязнову). Высокие значения коэффициента мультипликативности отмечены у сортов озимой мягкой пшеницы: Московская 39, Безенчукская 380, Анастасия и Новоершовская ($КМ = 2,01 \div 3,05$). Высокой стрессоустойчивостью характеризуются сорта озимой мягкой пшеницы Калач 60, Башкирская 10 и линия У 214 ($Y_{min} - Y_{max} = -1,0 \div -2,5$).*

Ключевые слова: озимая пшеница, селекция, адаптивный потенциал, стабильность сорта, масса 1000 зерен.

Для цитирования: Кузнецов И.Ю., Авсахов Ф.Ф., Анохина Н.С., Даутова Э.Р., Ягудин А.Г. Адаптивный потенциал сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Республики Башкортостан. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):113-121
DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-113-121

ADAPTIVE POTENTIAL OF VARIETIES AND LINES OF WINTER MILD WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

I.Yu. Kuznetsov, F.F. Avsakhov, N.S. Anokhina, E.R. Dautova, A.G. Yagudin

BASHKIR STATE AGRARIAN UNIVERSITY, Ufa

Abstract: *Winter wheat is one of the most important, valuable, and high-yielding grain crops. The purpose of this study was to determine the parameters of ecological plasticity and stability of the "1000-grain weight" trait in varieties and lines of winter soft wheat under the conditions of the republic of Bashkortostan. The object of the study was 11 varieties and lines of winter soft wheat. The standard variety was Bezenchukskaya 380, developed by the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. Research was conducted on the index of environmental conditions, the coefficient of ecological plasticity and stability, multiplicativity, adaptability, as well as stress resistance and compensatory capacity. Based on the results of the 2021-2024 studies, it can be concluded that the most favorable year for the cultivation of winter soft wheat was 2022 (with an index of 1.40). The following varieties were more responsive ($bi > 1$) to improved environmental conditions: Novoershovskaya, Sarra, Anastasia, and Bezenchukskaya 380 ($bi = 1,33 \div 1,94$). The Novoershovskaya variety, which has a bi value of 1.94, was found to be the most responsive in the experiment. According to the results of the calculations, the most adaptable varieties are Novoershovskaya and Volzhskaya K ($K.A. = 103.06 \div 103.14\%$). The Sarra variety ($K.A. = 102.5\%$) was slightly more adaptable than the standard. Varieties and lines: Bezenchukskaya 380, U 214, Kalach 60, Volzhskaya K, and A 312 ($IEP = 1.07 \div 1.38$) are characterized as plastic (according to A. A. Gryaznov). High values of the multiplicative coefficient were noted for the following varieties of winter soft wheat: Moskovskaya 39, Bezenchukskaya 380, Anastasia, and Novoershovskaya ($KM = 2.01 \div 3.05$). The varieties of winter soft wheat Kalach 60, Bashkirskaya 10, and line U 214 are characterized by high stress resistance ($Y_{min} - Y_{max} = -1.0 \div -2.5$).*

Keywords: winter wheat, breeding, adaptive potential, variety stability, weight of 1000 grains.

Введение

Ведущей отраслью аграрного комплекса в Российской Федерации является производство зерновой продукции, обеспечивающей продовольственную безопасность и экспортный потенциал страны [1]. Озимая пшеница – одна из важнейших, наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур. Однако, урожайность этой культуры не достаточно высокая и резко колеблется по годам [2]. В современных рыночных условиях, в соответствии с многосторонним использованием пшеницы и необходимостью удовлетворения потребностей страны, актуально повышение ее урожайности и качества зерна [3, 4]. По мнению В.В. Мамеева и В.М. Никифорова (2015), внедрение в производство сортов с высоким адаптивным потенциалом позволит стабилизировать производство зерна в различные годы, как по увлажнению, так и по тепловому режиму. При этом сорта должны быть экологически пластичными и обладать индивидуальной реакцией на изменения климатических и метеорологических условий. Оценка реакции сорта на изменение условий выращивания позволит решать вопросы точного земледелия с подбором сортов для каждого хозяйства и элемента агроландшафта [5]. Использование селекционных индексов является эффективным методом выявления основных физиологических и генетических систем, обеспечивающих высокую урожайность в конкретных условиях среды [6, 7].

Как правило, в полевых условиях происходит сложное взаимодействие множества факторов и высокая продуктивность сорта проявляется за счет его устойчивости к целому комплексу таких факторов [8]. Выявлена тенденция увеличения урожайности от твердых к мягким сортам, среди сортов мягкой пшеницы – от раннеспелой к среднепоздней группе [9, 10]. Особо актуально на современном этапе создание экологически устойчивых сортов (форм средней интенсивности), способных давать, пусть не высокую, но стабильную урожайность применительно к любым условиям [11, 12]. Главный акцент обращается на увеличение качества зерна, в т.ч. крупности. Сорта с крупным зерном более устойчивы к лимитирующим факторам среды и характеризуются высоким выходом продукции [13]. Масса 1000 зерен, по мнению большинства исследователей, соответствует критерию адаптивности, так как является признаком, который характеризует конечный результат взаимодействия сорта и среды в процессе формирования продуктивности [14].

Обзор проведенных исследований по изучению адаптивного потенциала, экологической пластичности и стабильности на озимой мягкой пшенице показывает высокий интерес к данной проблеме. Признак масса 1000 зерен позволяет целенаправленно отбирать новый гибридный и селекционный материал, способствуя увеличению урожайности создаваемых сортов. Возникает необходимость проведения комплексных исследований с имеющимися сортообразцами озимой мягкой пшеницы коллекционного материала Башкирского ГАУ.

Цель исследований – оценка адаптивного потенциала сортов и линий озимой мягкой пшеницы по признаку масса 1000 зерен для выбора лучших генотипов в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан.

Материалы, представленные в статье, получены в рамках реализации стратегического проекта «Ускоренная селекция и воспроизводство сельскохозяйственных культур с заданными хозяйственно-полезными признаками» ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ по программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Материалы и методы

Полевые опыты проводились в 2021-2024 годах на опытных полях учебно-научного центра Башкирского государственного аграрного университета. Опыты закладывались на выщелоченном черноземе тяжелосуглинистого механического состава, с содержанием гумуса – 10,28%, валового фосфора – 0,18%, валового азота – 0,45% и калия – 1,18%, рН солевой вытяжки 5,9-6,1. Агротехника в опытах была общепринятой для зоны. Предшественником в опыте был чистый пар.

Объект изучения – сорта и линии озимой мягкой пшеницы: Безенчукская 380 (стандарт), Сарра, У 214 (линия), Калач 60, Московская 39, Аэлита, Новоершовская, Башкирская 10, Анастасия, Волжская К и А 312 (линия).

Климат Республики Башкортостан характеризуется умеренно-теплым летом и холодной продолжительной зимой. Безморозный период – 97-125 дней. Последние заморозки бывают в начале июня, первые осенние – в конце августа. Годовое количество осадков составляет около 400-500 мм, в том числе в период вегетации – 130-178 мм. Сумма биологически активных температур (выше +10°C) за вегетационный период равна 1815-2209°C (Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., 2013). В целом погодные условия за период опытной работы были в определенной степени не благоприятными. Из четырех лет по влагообеспеченности растений пшеницы острозасушливыми был 2021 год, засушливым – 2022, полувлажным – 2023 и 2024 гг.

Посев опытных делянок проводили в оптимальные сроки с площадью питания растений 20x5 см на пятирядовых делянках ручной селекционной сеялкой РС-1. Площадь делянок 10 м², повторность четырехкратная. Уход за посевами – общепринятый для зоны. Опытную работу с озимой мягкой пшеницей проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989.) Математическую обработку результатов исследований проводили по методике Б.А. Доспехова (2014) с использованием пакета прикладных программ Snedecor. Расчеты показателей экологической пластичности и стабильности изучаемых сортообразцов озимой мягкой пшеницы проводились по методикам – А.А. Rossielle и J. Hemblin (1981), Л.А. Животкова (1994), В.А. Драгавцева (1984), А.А. Грязнова (1996).

Результаты и обсуждение

В современных условиях новые сорта пшеницы должны отличаться хорошей урожайностью и высокой экологической пластичностью. Под экологической пластичностью понимается приспособленность сорта к различным улучшениям почвенных, погодных и хозяйственных условий. Для расчета экологической пластичности наших сортов и линий были проведены расчеты средней урожайности по изучаемым сортообразцам и индекса условий среды (табл. 1).

Средняя урожайность озимой мягкой пшеницы и индекс условий окружающей среды (Башкирский ГАУ)

№	Название сортообразца	Средняя урожайность по сортообразцам, ц/га				$\sum Y_i$	Y_i
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.		
1	Безенчукская 380 – St.	44,9	49,1	47,45	48,5	189,95	47,49
2	Сарра	45,3	51,2	49,24	50,2	196,1	49,03
3	У 214	50,3	52,5	50,04	51,2	204,11	51,03
4	Калач 60	42,8	43,8	43,2	43,6	173,4	43,35
5	Московская 39	43,2	46,1	44,9	45,7	179,9	44,98
6	Аэлита	47,5	47,0	42,5	46,2	183,2	45,80
7	Новоершовская	44,3	49,9	46,1	48,7	189	47,25
8	Башкирская 10	45,3	45,3	43,19	44,27	178,11	44,53
9	Анастасия	44,7	50,1	45,9	48,1	188,8	47,20
10	Волжская К	46,1	47,4	47,9	49,18	190,72	47,68
11	А 312	43,0	45,8	44,6	45,4	178,8	44,70
	$\sum Y_j$	497,4	528,39	505,11	521,19	2052,09	46,64
	Y_j	45,22	48,04	45,92	47,38		
	I_j	-1,42	1,40	-0,72	0,74		

Примечание. $\sum Y_i$ – сумма урожайности по годам; Y_i – средняя урожайность за годы исследований; I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость погодных условий за данный год исследований)

Анализ почвенно-климатических условий 2021-2024 гг. показывает различное их влияние на формирование урожайности озимой мягкой пшеницы. Полученные показатели индекса условий среды (I_j) по методике S.A. Eberhart and B.A. Rusell указывают на то, что наиболее благоприятным годом для возделывания различных сортов озимой пшеницы был 2022 г. (I_j - 1,40), менее благоприятным 2024 г. (I_j - 0,74). При отрицательном значении индекса среды сортообразцы не имели достаточных возможностей для демонстрации адаптивного потенциала.

В среднем за годы исследований (2021-2024 гг.), масса 1000 зерен у изучаемых сортообразцов озимой мягкой пшеницы составила 42,5-52,5 г. (табл. 2).

Минимальная крупность зерна отмечена в 2023 г. у сорта Аэлита (масса 1000 зерен составила 42,5 г.) при индексе условий окружающей среды – 0,72). Максимально крупное зерно (52,5 г.) сформировалось в вегетационный период 2022 г. при высоком индексе условий окружающей среды ($I_j = 1,4$) у линии У 214. Наиболее крупное зерно сформировали сорта озимой мягкой пшеницы Сарра, Анастасия и Новоершовская – 51,2 г., 50,1 г. и 49,9 г. соответственно. В опытах отмечено, что 55-62% сортообразцов имели массу 1000 зерен в пределах 44,3-52,5 г. Максимальный диапазон разницы минимума и максимума (45,3-51,2 г) отмечен у сорта озимой мягкой пшеницы Сарра.

В исследованиях отмечено, что по показателю «масса 1000 зерен» три сортообразца смогли превзойти стандарт – линия У 214 (+7,4% к St.), сорт Сарра (+3,2% к St.), сорт Волжская К (+0,4% к St.). Остальные сортообразцы имели отношение к стандарту (сорт Безенчукская 380) на уровне 91,2-99,4% от St. Минимальные показатели отмечены у сорта Калач 60 (91,2% от St.).

Реакцию генотипа на изменение условий выращивания характеризует коэффициент регрессии (b_i). Чем выше значение коэффициента (при $b_i > 1$), тем большей отзывчивость на улучшение условий обладает данный образец. При $b_i < 1$ сорт слабее реагирует на изменения условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых образцов. При $b_i = 1$ изменение крупности зерна полностью соответствует изменению условий выращивания.

В опытах выявлено, что при улучшении условий выращивания масса 1000 зерен увеличивалась у следующих сортов озимой мягкой пшеницы: Новоеершовская, Сарра, Анастасия и Безенчукская 380 ($b_i = 1,33 \div 1,94$). Перечисленные сортообразцы формируют крупное зерно только при высоком уровне агротехники, что соответствует интенсивному типу. У остальных сортов масса 1000 семян слабо изменяется при улучшении условий возделывания, что соответствует экстенсивному типу.

Применяемый в расчетах индекс экологической пластичности (ИЭП) позволяет оценить пластичность признака у сортов озимой мягкой пшеницы в условиях неблагоприятных климатических условий (А.А. Грязнов, 1996). ИЭП целесообразно принять за единицу: при ИЭП > 1 сорта характеризуются как пластичные. К таким сортам и линиям относятся Безенчукская 380, У 214, Калач 60, Волжская К и А 312 (ИЭП = $1,07 \div 1,38$).

В опытах, при сравнении адаптивной реакции сортов озимой мягкой пшеницы, применялся показатель среднесортовой массы 1000 зерен за год, выраженный в процентах. Согласно полученным результатам наиболее пластичными являются сорта: Новоеершовская и Волжская К (К.А. = $103,06 \div 103,14\%$). Менее адаптивными оказался сорт Сарра (К.А. = $102,5\%$), слегка превысив стандарт.

В опытах, при расчете параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы, использована методика В.А. Драгавцева (1984) основанная на использовании коэффициента мультипликативности (К.М.). Чем выше числовое значение данного коэффициента, тем сильнее увеличивается крупность зерна при улучшении условий выращивания. В настоящем исследовании высокие значения коэффициента мультипликативности отмечены у сортов озимой мягкой пшеницы: Московская 39, Безенчукская 380, Анастасия и Новоеершовская (КМ = $2,01 \div 3,05$).

Показатель степени устойчивости сортов и линий к неблагоприятным факторам среды (стрессоустойчивость) был рассчитан нами по уравнению А.А. Rosielle, J. Hamblin (1981). Он определяется по интервалу между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Этот показатель имеет отрицательные значения, поэтому меньшая разница между минимальной и максимальной урожайностью и характеризует стрессоустойчивость сорта для различных условий среды. Высокой стрессоустойчивостью характеризуются сорта озимой мягкой пшеницы Калач 60, Башкирская 10 и линия У 214 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -1,0 \div -2,5$).

Оценку стрессоустойчивости сортов можно дополнить показателем компенсаторной способности, который выражает степень соответствия генотипа сорта факторам среды. В условиях УНЦ Башкирского ГАУ высокой компенсаторной способностью отличаются сорта озимой мягкой пшеницы Волжская К, Сарра и линия У 214 ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 47,6 \div 51,25$).

Таблица 2

Параметры адаптивной способности сортов и линий озимой мягкой пшеницы по массе 1000 зерен (2021-2024 гг.)

Сортообразец	Масса 1000 зерен			bi	ИЭП	К.А., %	К.М.	$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$
	lim., г	$x_{cp.}$, г	отн. к st., %						
Безенчукская 380 – St.	44,9-49,1	47,49	100	1,33	1,30	102,13	2,40	-4,2	47
Сарра	45,3-51,2	49,03	103,2	1,83	1,00	102,53	1,28	-5,9	48,25
У 214	50,0-52,5	51,03	107,4	0,79	1,18	100,47	1,72	-2,5	51,25
Калач 60	42,8-43,8	43,35	91,2	0,34	1,07	100,57	1,37	-1	43,3
Московская 39	43,2-46,1	44,98	94,7	0,93	0,54	101,61	2,01	-2,9	44,65
Аэлита	42,5-47,5	45,80	96,4	0,38	0,69	100,87	1,33	-5	45
Новоершовская	44,3-49,9	47,25	99,4	1,94	0,85	103,06	3,05	-5,6	47,1
Башкирская 10	43,1-45,3	44,53	93,7	0,16	0,88	99,42	1,15	-2,2	44,2
Анастасия	44,7-50,1	47,20	99,3	1,83	0,94	101,90	2,90	-5,4	47,4
Волжская К	46,1-49,1	47,68	100,4	0,56	1,08	103,14	1,58	-3	47,6
А 312	43,0-45,8	44,70	94,1	0,90	1,38	101,56	1,99	-2,8	44,4

Примечание: *Lim.* – лимиты; *x_{cp.}* - среднее значение показателя; *St.* – стандартный сорт; *bi* – коэффициент линейной регрессии; *ИЭП* – индекс экологической пластичности (по А. А. Грязнову); *К.А.* – коэффициент адаптивности (по Л. А. Животкову); *К.М.* – коэффициент мультипликативности (по В. А. Драгавцеву); *Y_{min}–Y_{max}* – показатель стрессоустойчивости сорта; $(Y_{min} + Y_{max})/2$ – компенсаторная способность (по А. А. Rossielle и J. Hemblin).

В своих исследованиях П.Н. Николаев и др. (2019) указывает на то, что оценка генотипов с использованием только одного метода не может полностью характеризовать их стабильность и пластичность. При использовании нескольких методов можно получить наиболее достоверную информацию. С этой целью удобнее применять принцип ранжирования сортов по параметрам и проводить оценку по сумме рангов, полученной для каждого сорта. При этом следует учитывать, что 1-й ранг наиболее высокий, а 12-й – наиболее низкий.

В наших опытах меньшая сумма рангов, при использовании большинства методов оценки, получена для сортов озимой мягкой пшеницы Безенчукская 380, Новоеершовская и Волжская К (\sum рангов = 26,0÷29,0) (табл. 3).

Таблица 3

Ранги адаптивной способности сортов и линий озимой мягкой пшеницы по массе 1000 зерен (УНЦ Башкирский ГАУ, 2021-2024 гг.)

Сортообразец	b_i	К.А., %	ИЭП	К.М.	$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	Сумма рангов
Безенчукская 380 – St.	4	4	2	3	7	6	26
Сарра	2	3	6	10	11	2	34
У 214	7	10	3	6	3	1	30
Калач 60	10	9	5	8	1	11	44
Московская 39	5	6	11	4	5	8	39
Аэлита	9	8	10	9	8	7	51
Новоеершовская	1	2	9	1	10	5	28
Башкирская 10	11	10	8	11	2	10	52
Анастасия	3	5	7	2	9	4	30
Волжская К	8	1	4	7	6	3	29
А 312	6	7	1	5	4	9	32

Данные сорта наиболее способны к формированию крупного зерна в контрастных климатических условиях, т. к. характеризуются устойчивостью к варьирующимся условиям выращивания по признаку масса 1000 зерен.

Заключение

Таким образом, наиболее благоприятным для возделывания озимой мягкой пшеницы был 2022 г. ($I_j = 1,40$). Вычисление коэффициента линейной регрессии (b_i) показало, что большей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий среды обладали сортообразцы: Новоеершовская, Сарра, Анастасия и Безенчукская 380 ($b_i = 1,33 \div 1,94$). Наибольшей отзывчивостью в опыте отмечен сорт Новоеершовская ($b_i = 1,94$). По результатам проведенных расчетов, наиболее пластичными являются сорта Новоеершовская и Волжская К (К.А. = 103,06÷103,14%), менее адаптивным – сорт Сарра (К.А. = 102,5%). Сорта и линии: Безенчукская 380, У 214, Калач 60, Волжская К и А 312 (ИЭП = 1,07÷1,38) характеризуются как пластичные.

Высокие значения коэффициента мультипликативности отмечены у сортов озимой мягкой пшеницы: Московская 39, Безенчукская 380, Анастасия и Новоеершовская. Высокой стрессоустойчивостью характеризуются сорта озимой мягкой пшеницы Калач 60, Башкирская 10 и линия У 214 ($Y_{min} - Y_{max} = -1,0 \div -2,5$). Высокой компенсаторной способностью отличаются сорта озимой мягкой пшеницы Волжская К, Сарра и линия У 214 ($(Y_{min} + Y_{max})/2 = 47,6 \div 51,25$). Сорта озимой мягкой пшеницы Безенчукская 380, Новоеершовская и Волжская К (\sum рангов = 26,0÷29,0) способны к формированию крупного зерна в контрастных климатических, т. к. характеризуются устойчивостью к варьирующимся условиям выращивания по признаку масса 1000 зерен.

Финансирование: исследования выполнены в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»).

Литература

1. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года. [Электронный ресурс]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfzdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> – (дата обращения: 18.12.2025).
2. Сапега В. А. Генотип-средовое взаимодействие, урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 3. – С. 10-15. DOI: 10.31857/S2500-26272019310-15.
3. Кузнецов И.Ю., Нафикова А.Р., Алимгафаров Р.Р., Валиуллина О.В., Ягудин А.Г. Эффективность применения хелатного удобрения металлоцен на озимой пшенице. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (57). – С. 17-26. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-17-26.
4. Манукян И.Р. Экологическая пластичность сортов озимой пшеницы к условиям предгорной зоны центрального Кавказа// Нива Поволжья. – 2024. – № 1 (69). – С. 25-31. DOI: 10.36461/NP.2024.69.1.007.
5. Мамеев В.В., Ториков В.Е., Никифоров В.М., Сычев С.М., Нестеренко О.А., Милехина Н.В. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии на юго-западе Центрального региона России. // Аграрная наука. - 2022. - (9). – С. 112-119. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-112-119.
6. Галушко Н. А., Соколенко Н. И. Адаптивность сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Северо-Кавказского региона. // Достижения науки и техники АПК. - 2022. - Т.36. - № 5. – С. 50-54. DOI: 10.53859/02352451-2022-365-50.
7. Хачатуров Э.Г., Коробко В.В., Гребёнкина А.А. Адаптивный потенциал твердой пшеницы сортов саратовской селекции в условиях Нижнего Поволжья. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2024. – Т. 24. – № 3. – С. 321-327. DOI: 10.18500/1816-9775-2024-24-3-321-327.
8. Мозговой С.С., Пантюхов И.В., Келер В.В. Экологическая пластичность сортов яровой пшеницы в лесостепи Красноярского края. // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 9(162). – С. 121-128. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-121-128.
9. Байкалова Л.П., Серебренников Ю.И. Пластичность сортов яровой пшеницы в условиях Красноярской лесостепи. // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 8 (197). – С. 3-11. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-3-11.
10. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности масличных сортов подсолнечника селекции ВНИИМК. // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 3 (183). – С. 31-38. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-31-38.
11. Holland J B. Recurrent Selection for broad Adaptation Affects Stability of Oat / J. B. Holland, A. B. Jornstad, K. J. Frey, M. Gullord, D M. Wesenberg // Euphytica. - 2002. - no 2. - Pp. 265–274. DOI: 10.1023/A:1016394208780.
12. Евдокимов М.Г., Белан И.А., Юсов В.С., Ковтуненко А.Н., Россеева Л.П. Адаптивный потенциал сортов пшеницы (озимой, яровой мягкой и яровой твердой) селекции Омского аграрного научного центра. // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. - № 10. – С. 9-15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11001.
13. Бугакова Н.Э., Сухоруков А.А. Адаптивный потенциал хозяйственно-биологических признаков сорта озимой пшеницы Эстафета в Среднем Поволжье. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. – 2023. – Т. 2. - № 3 (7). – С. 18-24. DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-3-18-24.
14. Черноусов Е.В., Фоменко М.А., Ляшков И.В. Влияние сроков посева на продуктивность и адаптивный потенциал сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2025. – № 3 (55). – С. 138-144. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-138-144.

References

1. Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035. [electronic resource]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfzdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> – (Accessed: 12/18/2025).
2. Sapega V. A. Genotype-environmental interaction, yield and adaptive potential of spring wheat varieties. *Russian Agricultural Science*, 2019, no. 3, pp. 10-15. DOI: 10.31857/S2500-26272019310-15.
3. Kuznetsov I. Yu., Nafikova A. R., Alimgafarov R. R., Valiullina O. V., Yagudin A. G. Effectiveness of the use of chelated fertilizer methallocene on winter wheat. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2021, no. 1 (57), pp. 17-26. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-17-26.
4. Manukyan I. R. Ecological plasticity of winter wheat varieties to the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus. *Field of the Volga region*, 2024, no. 1 (69), pp. 25-31. DOI 10.36461/NP.2024.69.1.007.
5. Mameev V. V., Torikov V. E., Nikiforov V. M., Sychev S. M., Nesterenko O. A., Milekhina N. V. Yield and grain quality of winter wheat varieties cultivated using intensive technology in the south-west of the Central region of Russia. *Agrarian Science*. 2022, no. 9, pp. 112-119. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-112-119.
6. Galushko N. A., Sokolenko N. I. Adaptability of winter wheat varieties cultivated in the North Caucasus region. *Achievements of Science and technology of the Agroindustrial Complex*, 2022, vol. 36, no. 5, pp. 50-54. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_50.
7. Khachaturov E. G., Korobko V. V., Grebenkina A. A. Adaptive potential of durum wheat varieties of Saratov breeding in the conditions of the Lower Volga region. *Proceedings of the Saratov University. A new series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2024, Vol. 24, no. 3, pp. 321-327. DOI: 10.18500/1816-9775-2024-24-3-321-327.
8. Mozgovoy S. S., Pantyukhov I. V., Koehler V. V. Ecological plasticity of spring wheat varieties in the forest-steppe of the Krasnoyarsk Territory. *Bulletin of KrasGAU*, 2020, no. 9(162), pp. 121-128. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-121-128.
9. Baykalova L. P., Serebrennikov Yu. I. Plasticity of spring wheat varieties in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Bulletin of KrasGAU*. 2023, no. 8 (197), pp. 3-11. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-3-11.
10. Detsyna A. A., Illarionova I. V., Shcherbinina V. O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oilseed varieties of sunflower breeding by VNIIMK. *Oilseed crops*. 2020, Issue 3 (183), pp. 31-38. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-31-38.
11. Holland J. B. Recurrent Selection for broad Adaptation Affects Stability of Oat / J. B. Holland, A. B. Jornstad, K. J. Frey, M. Gullord, D. M. Wesen-berg. *Euphytica*, 2002, no. 2, pp. 265-274. DOI: 10.1023/A:1016394208780.
12. Evdokimov M. G., Belan I. A., Yusov V. S., Kovtunenkov A. N., Rosseeva L. P. Adaptive potential of wheat varieties (winter, spring soft and spring hard) of breeding Omsk Agricultural Scientific Center. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2020, Vol. 34, no. 10, pp. 9-15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11001.
13. Bugakova N. E., Sukhorukov A. A. Adaptive potential of economic and biological characteristics of the winter wheat variety relay in the Middle Volga region. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. *Agricultural sciences*. 2023, vol. 2, no. 3 (7), pp. 18-24. DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-3-18-24.
14. Chernousov E. V., Fomenko M. A., Lyashkov I. V. Influence of sowing dates on productivity and adaptive potential of winter soft wheat varieties in the Rostov region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2025, no. 3 (55), pp. 138-144. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-138-144.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МАСЛОСЕМЯН СОВРЕМЕННЫХ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ

В.М. НИКИФОРОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0003-2719-6501, E-mail: vovan240783@yandex.ru.

М.И. НИКИФОРОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID: 0000-0001-6598-132X, E-mail: mikhail.nikiforov.60@mail.ru.

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

***Аннотация.** В статье представлены результаты оценки современных гибридов подсолнечника, разных групп спелости по показателям продуктивности и качества маслосемян в условиях серых лесных почв Брянской области в 2023-2025 гг. Объекты исследования – 7 гибридов подсолнечника (РЖТ Волльф (st), Интерстеллар, Клип, Сурус, ЛГ 50479 СХ, ЛГ 50541КЛП и РЖТ Воллкано КЛП). Предшественник – однолетние травы. Посев проведен пунктирным способом с шириной междурядий 70 см. Норма высева семян - 55 тыс. шт./га. Технология рассчитана на получение планируемой урожайности маслосемян 3,0-4,0 т/га. Площадь опытной делянки 33 м², площадь учётной делянки 5 м². Повторность трёхкратная, размещение – систематическое. Установлено, что период вегетации испытываемых гибридов подсолнечника составил от 100 (у раннеспелых гибридов) до 125 дней (у среднеспелых гибридов). Гибриды подсолнечника с таким периодом вегетации способны обеспечивать получение высокой урожайности качественных маслосемян в условиях серых лесных почв Брянской области. Так, средняя урожайность гибридов подсолнечника изменялась в пределах от 2,15 до 3,97 т/га, с масличностью от 42,62 до 53,30% и сбором масла от 1,12 до 2,12 т/га. Самым продуктивным оказался российский гибрид Сурус, который сформировал самые крупные корзинки, со средним диаметром 162 мм, самыми высокими показателями массы семянок с одной корзинки (72,1 г) и массы 1000 семянок (71,2 г). Такие значения структурных показателей обеспечили самую высокую урожайность маслосемян на уровне 3,97 т/га, а оптимальное значение показателя лузжистости (23,0%) и максимальный показатель масличности семян (53,30%), обеспечили максимальный сбор масла на уровне 2,12 т/га. Вторым и третьим оказались французский гибрид РЖТ Воллкано КЛП и российский гибрид Клип. Их урожайность была ниже гибрида Сурус на 0,66 и 0,63 т/га, составила 3,34 и 3,31 т/га соответственно. Масличность семян соответствовала значениям 52,61 и 50,56%, а сбор масла 1,76 и 1,67 т/га.*

Ключевые слова: подсолнечник, гибрид, маслосемена, структура урожая, урожайность, качество.

Для цитирования: Никифоров В.М., Никифоров М.И. Продуктивность и качество маслосемян современных гибридов подсолнечника в условиях серых лесных почв Центрального региона России. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):122-130
DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-122-130

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF OILSEEDS OF MODERN SUNFLOWER HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF GRAY FOREST SOILS OF THE CENTRAL REGION OF RUSSIA

V.M. Nikiforov, M.I. Nikiforov

FSBEI HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: *The article presents the results of assessing modern sunflower hybrids, different ripeness groups in terms of productivity and quality of oilseeds in gray forest soils of the Bryansk region in 2023-2025. Research objects - 7 sunflower hybrids (RZHT Voll'f (st), Interstellar, Klip, Surus, LG 50479 SKH, LG 50541KLP and RZHT Vollkano KLP). The predecessor is annual herbs. Sowing was carried out in a dotted manner with a row width of 70 cm. The seeding rate is 55 thousand pcs /ha. The technology is designed to obtain the planned yield of oil seeds 3.0-4.0 t/ha. The area of the experimental plot is 33 m², the area of the accounting plot is 5 m². The repetition is three times, the placement is systematic. It was established that the growing season of the tested sunflower hybrids ranged from 100 (in early ripening hybrids) to 125 days (in mid-ripening hybrids). Sunflower hybrids with such a growing season are able to ensure a high yield of high-quality oil seeds in the conditions of gray forest soils of the Bryansk region. Thus, the average yield of sunflower hybrids varied from 2.15 to 3.97 t/ha, with oiliness from 42.62 to 53.30% and oil collection from 1.12 to 2.12 t/ha. The most productive was the Russian hybrid Surus, which formed the largest baskets, with an average diameter of 162 mm, the highest mass of achenes from one basket (72.1 g) and a mass of 1000 achenes (71.2 g). Such structural indicators provided the highest productivity of oilseeds at the level of 3.97 t/ha, and the optimal value of the huskiness index (23.0%) and the maximum oiliness index of seeds (53.30%) provided the maximum oil collection at the level of 2.12 t/ha. The second and third were the French hybrid RZHT Vollkano KLP and the Russian hybrid Klip. Their yield was below the Surus hybrid by 0.66 and 0.63 t/ha, amounted to 3.34 and 3.31 t/ha, respectively. The oiliness of the seeds corresponded to 52.61 and 50.56%, and the oil collection was 1.76 and 1.67 t/ha.*

Keywords: sunflower, hybrid, oil seed, crop structure, yield, quality.

Введение

Подсолнечник является основной масличной культурой не только в России, но и в мире. В общем объеме посевов масличных культур он занимает около 60 % и возделывается в 48 субъектах России. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по объему производства маслосемян, подсолнечник занимает 2 место в мире при относительно низкой урожайности (1,6 т/га) [1, 2].

Основными отраслями народно-хозяйственного использования культуры являются масличное и кормовое. Сегодня пищевые растительные масла являются частью рациона питания человека и кормления животных. В общем использовании населением России всех жиров они занимают более 45%. В семенах подсолнечника содержится 48-52% жира и 23-26% белка. Масло, получаемое из этой культуры, обладает высокими пищевыми качествами. В нем содержится витамин Е – токоферол, придающий ему антиоксидантные свойства. Шрот и жмых, полученные в результате переработки семян этой культуры, считаются ценным кормом для животных, содержащим до 53% белка. Лузгу используют для получения фурфурола, кормовых дрожжей и этилового спирта. Такой широкий ассортимент продукции на основе масличного сырья приводит к высокому спросу на маслосемена подсолнечника как на внутреннем, так и на международных рынках [3, 4].

Экспорт подсолнечного масла ежегодно растёт и в 2024 году достиг отметки в 5,46 млн. тонн, что составляет 36% мирового рынка. Основные импортёры (Индия, Турция и Китай) обеспечивают стабильный спрос. Внутренний спрос также остаётся высоким [5].

Средняя урожайность подсолнечника в России за последние 5 лет находилась на уровне 1,6-2,0 т/га, в некоторых регионах достигая 3,5 т/га и более [5, 6]. Несмотря на некоторое сокращение посевных площадей, производство семян подсолнечника остаётся на высоком уровне, достигая 17 млн. тонн. При этом цена на подсолнечник сохраняется конкурентоспособной, в январе 2025 г. на биржах она составила 40570 руб/т, а увеличившийся экспорт подсолнечного шрота до 2,73 млн. тонн, повышает общую доходность выращивания культуры. Таким образом, подсолнечник остаётся высоко маржинальной культурой благодаря высокой рентабельности переработки, стабильному внутреннему и внешнему спросу, а также конкурентоспособным ценам на сырьё и продукцию [5].

Брянская область является нетипичным регионом для возделывания подсолнечника на маслосемена. Однако в области имеются хозяйства, занимающиеся его производством. По данным Департамента сельского хозяйства Брянской области, в период с 2022 по 2025 год во всех категориях хозяйств, площади под посевами подсолнечника составляли от 9,40 до 17,37 тыс. га, валовый сбор маслосемян достигал 26,6-40,5 тыс. тонн, со средней урожайностью 24,1-27,9 ц/га [7].

Реализация биологического потенциала высокоинтенсивных гибридов подсолнечника, с высоким сбором масла с посевной площади, требует необходимого агрофона и, в силу биологических особенностей, нуждается в эффективных агрохимикатах для каждой зоны возделывания [1, 2]. Для формирования 1 тонны семян подсолнечнику необходимо 40-60 кг азота, 20-50 кг фосфора и 100-120 кг калия, 17 кг магния и 30 кг серы. Особенно остро в элементах питания подсолнечник нуждается в период от формирования корзинки до цветения. К этому моменту подсолнечник потребляет 60% азота, 80% фосфора и 90% калия от общего выноса из почвы [8].

Из микроэлементов подсолнечник особенно чувствителен к дефициту бора, который проявляется при засухе или избыточном увлажнении, чаще всего на карбонатных почвах. Недостаток бора приводит к снижению сопротивляемости растений болезням и неблагоприятным погодным условиям, а также снижает содержание хлорофилла в листьях и жира в семенах. Поэтому внекорневые подкормки различными видами хелатных удобрений, содержащих бор, начиная от заложения корзинок до цветения, способствует ускорению роста и развития подсолнечника, а также существенно повышает его урожайность и качество семян [4, 9].

Кроме этого, важным резервом повышения урожайности и качества семян подсолнечника является внедрение адаптивных сортов и гибридов, в том числе отечественных инновационных селекционных достижений [10, 11]. Общая потребность России в семенах подсолнечника составляет 4,5 млн. посевных единиц. В 2023 г. доля всех площадей, занятых иностранными гибридами подсолнечника, составляла 70%, а в 2024 г. сократилась до 57%. В 2025 г. соотношение составило 50:50. Из общей ежегодной суммы стоимости семян в объеме 68 млрд. руб. – более 51 млрд. руб. сельхозтоваропроизводители тратят на семена иностранной селекции [5, 11].

Почвенные и агроклиматические условия Брянской области соответствуют основным биологическим требованиям культуры. Продолжительность периода вегетации скороспелых и раннеспелых сортов и гибридов подсолнечника составляет 80-100 и 100-120 дней соответственно, что позволяет возделывать их на семена в Центральных регионах России [9].

Таким образом, оценка современных гибридов подсолнечника, в том числе российской селекции, по показателям продуктивности и качества маслосемян, обладающих высокой адаптивной способностью для условий Брянской области является актуальной и представляет практическую значимость.

Цель работы – провести оценку гибридов подсолнечника разных групп спелости по показателям продуктивности и качества семян в условиях серых лесных почв Брянской области.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнены в 2023-2025 гг. на опытном поле Брянского ГАУ. Почва – серая лесная среднесуглинистая, сильнопылеватая, образованная на лессовидных карбонатных суглинках. Содержание органического вещества в пахотном горизонте (25 см) составляет 2,69-2,93% (слабогумусированные почвы), реакция почвенного раствора рН_{KCl} 4,74-5,31 (средне- и слабокислые почвы), содержание подвижных форм фосфора очень повышенное (332-463 мг-экв/100 г почвы), содержание подвижного калия от повышенного (186 мг-экв/100 г почвы) до очень повышенного (407 мг-экв/100 г почвы).

Объекты исследования – 7 гибридов подсолнечника разных групп спелости, масличного направления использования. В качестве стандарта был выбран среднеранний гибрид РЖТ Волльф, который раньше остальных испытуемых гибридов был включен в

Таблица 1

Гибриды подсолнечника

Гибрид	Группа спелости	Год включения в Госреестр...	Оригинатор	Страна
РЖТ Волльф (st)	Среднеранний	2018	SOCIETE RAGT 2N S.A.S.	Франция
Интерстеллар	Среднеспелый	2019	MAS SEEDS S.A.	Франция
Клип	Раннеспелый	2022	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	Россия
Сурус	Раннеспелый	2022		
ЛГ 50479 СХ	Среднеспелый	2020	LIMAGRAIN EUROPE	Франция
ЛГ 50541КЛП	Среднеранний	2022		
РЖТ Воллкано КЛП	Раннеспелый	2020	SOCIETE RAGT 2N S.A.S.	Франция

Предшественник – однолетние травы. Посев проводили в третьей декаде апреля – первой декаде мая пунктирным способом сеялкой СПЧ-6 с шириной междурядий – 70 см на глубину 5 см. Норма высева семян – 55 тыс. шт./га. Основное минеральное удобрение в дозе N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ вносили азофоской (16:16:16) под планируемую урожайность 3,0-4,0 т/га.

За период вегетации гибридов подсолнечника проводили две некорневых подкормки баковой смесью хелатного жидкого концентрированного удобрения Фертикс марка Б в дозе 2,0 л/га и жидкого концентрированного удобрения Боро-Н в дозе 2,0 л/га. 1-ую обработку проводили в период формирования 6-10 настоящих листьев, 2-ую – в фазу окончания бутонизации.

Система защиты подсолнечника включала опрыскивание почвы до появления всходов гербицидом Сармат, КС в дозе 3,0 л/га, опрыскивание посевов в фазу 2-6 листьев однодольных сорняков гербицидом Легион Комби, КЭ в дозе 0,4 л/га и в период формирования 6-10 настоящих листьев подсолнечника инсектицидом Цепелин, КЭ в дозе 0,15 л/га.

Площадь опытной делянки 33 м², площадь учётной делянки 5 м². Повторность трёхкратная, размещение – систематическое.

Полевые исследования и статистическую обработку результатов вели по методике Б.А. Доспехова (2014) и методике государственного сортоиспытания (2019). Лузжистость семян подсолнечника определяли по ГОСТ 10855-64. Семена масличные. Методы определения лузжистости. Содержание масла в семенах определяли в Центре коллективного пользования ФГБОУ ВО Брянский ГАУ на экстракторе Сокслета, 200 мл по ГОСТ ISO 659-2017. Семена масличных культур.

Результаты и их обсуждение

Посев гибридов подсолнечника в годы исследований был проведён 26 апреля 2023 года, 22 апреля 2024 года и 08 мая 2025 года. Физиологическая спелость изучаемых гибридов за годы испытаний наступала в календарный период от начала третьей декады августа (2024 год) до середины второй (2023 год) или окончания третьей декады сентября (2025 год) и зависела от погодных условий года. Период вегетации составил от 100 (у раннеспелых гибридов) до 125 дней (у среднеспелых гибридов). Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) по годам различался. В 2023 году ГТК=1,31, что соответствует влажным условиям, в 2024 году ГТК=1,24 (слабо засушливые условия), в 2025 годы ГТК=0,93 (засушливые условия).

Возделывание гибридов подсолнечника с продолжительностью периода вегетации 100-125 дней позволяет получать стабильную урожайность маслосемян в данных почвенно-климатических условиях.

Анализ структуры урожая показал, что средний диаметр корзинок у испытуемых гибридов изменялся в пределах от 11,8 до 16,2 см (табл. 2).

Показатели структуры урожая гибридов подсолнечника (среднее за 2023-2025 гг.)

№	Гибрид	Диаметр корзинки, см	Масса семян с одной корзинки, г	Масса 1000 семян, г	Количество семян в корзинке, шт
1	РЖТ Волльф (st)	11,8	39,1	43,2	905,1
2	Интерстеллар	12,7	46,9	59,2	792,2
3	Клип	15,2	60,2	58,0	1037,9
4	Сурус	16,2	72,1	71,2	1012,6
5	ЛГ 50479 СХ	14,3	55,4	44,5	1244,9
6	ЛГ 50541КЛП	13,2	52,9	47,3	1118,4
7	РЖТ Воллкано КЛП	14,5	60,8	60,0	1013,3
НСР ₀₅		0,67	2,76	2,65	50,84

Максимальный диаметр (16,2 см) отмечен на раннеспелом гибриде Сурус. Раннеспелый гибрид Клип сформировал корзинки со средним диаметром 15,2 см. Далее, по мере уменьшения диаметра корзинки, следуют: раннеспелый гибрид РЖТ Воллкано КЛП (14,5 см), среднеспелый гибрид ЛГ 50479 СХ (14,3 см), среднеранний гибрид ЛГ 50541КЛП (13,2 см) и среднеспелый гибрид Интерстеллар (12,7 см). Минимальный диаметр корзинки зафиксирован на гибриде РЖТ Волльф, который составил 11,8 см.

Гибрид Сурус также отличался большей массой семян с одной корзинки (72,1 г) и массой 1000 семян (71,2 г). На гибридах РЖТ Воллкано КЛП и Клип данные показатели были ниже и соответствовали значениям 60,8; 60,2 г и 60,0; 58,0 г. Масса семян с корзинки на гибридах ЛГ 50479 СХ и ЛГ 50541КЛП составила 55,4 и 52,9 г, масса 1000 семян 44,5 и 47,3 г соответственно. Минимальные значения данных показателей наблюдались на гибриде РЖТ Волльф и составили 39,1 и 43,2 г.

На гибриде Интерстеллар масса семян с корзинки была ниже, чем на остальных гибридах, за исключением РЖТ Волльф, и составила 46,9 г. Однако масса 1000 семян на этом гибриде составила 59,2 г, большими значениями отметились лишь гибриды Сурус (71,2 г) и РЖТ Воллкано КЛП (60,0 г).

По количеству семян в корзинке лидировал гибрид ЛГ 50479 СХ со средним значением показателя 1244,9 шт, далее следовал ЛГ 50541КЛП со значением 1118,4 шт. На гибридах Клип, Сурус и РЖТ Воллкано КЛП среднее количество семян в корзинке составило 1037,9 -1012,6 шт, на гибриде РЖТ Волльф – 905,1 шт. Минимальное количество семян отмечено на гибриде Интерстеллар – 792,2 шт.

Урожайность гибридов подсолнечника в условиях опыта изменялась в пределах от 2,02 до 4,12 т/га в зависимости от года исследования (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность гибридов подсолнечника по годам исследований

№	Гибрид	Урожайность, т/га		
		2023 г ГТК=1,31	2024 г ГТК=1,24	2025 г ГТК=0,93
1	РЖТ Волльф (st)	2,27	2,17	2,02
2	Интерстеллар	2,78	2,65	2,32
3	Клип	3,41	3,36	3,17
4	Сурус	4,12	3,93	3,87
5	ЛГ 50479 СХ	3,24	3,12	2,78
6	ЛГ 50541КЛП	3,17	2,84	2,73
7	РЖТ Воллкано КЛП	3,52	3,38	3,11
Среднее по культуре		3,22	3,06	2,86
НСР ₀₅		0,18	0,15	0,14

Самая высокая урожайность зафиксирована во влажных условиях 2023 года (ГТК=1,31), среднее значение по культуре составило 3,22 т/га с колебаниями в пределах от 2,27 до 4,12 т/га, в зависимости от гибрида. В слабо засушливых условиях 2024 года (ГТК=1,24) урожайность подсолнечника была ниже, чем в предыдущем году на 0,16 т/га, со средним значением 3,06 т/га и изменялась в интервале от 2,17 до 3,93 т/га.

Минимальные значения урожайности отмечены в засушливых условиях 2025 года. В зависимости от гибрида она варьировала от 2,02 до 3,87 т/га, в среднем составляя 2,86 т/га, что на 0,36 и 0,20 т/га ниже, чем в 2023 и 2024 годах соответственно.

Средняя урожайность гибридов подсолнечника за годы исследования составила 3,04 т/га и изменялась в пределах от 2,15 до 3,97 т/га (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность гибридов подсолнечника (среднее за 2023-2025 гг.)

№	Гибрид	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к стандарту	
			т/га	%
1	РЖТ Волльф (st)	2,15	-	-
2	Интерстеллар	2,58	0,43	20,0
3	Клип	3,31	1,16	54,0
4	Сурус	3,97	1,82	84,7
5	ЛГ 50479 СХ	3,05	0,90	41,9
6	ЛГ 50541КЛП	2,91	0,76	35,3
7	РЖТ Воллкано КЛП	3,34	1,19	55,3
НСР ₀₅		0,17	-	

Самый низкий показатель урожайности отмечен на стандарте – гибриде РЖТ Волльф, в зависимости от года он изменялся в пределах от 2,02 до 2,27 т/га. Самый высокий – на гибриде Сурус, с прибавкой к стандарту 1,82 т/га или 84,7% с колебаниями по годам от 3,87 до 4,12 т/га. Все гибриды подсолнечника обеспечили существенную прибавку урожайности к стандарту от 0,43 до 1,82 т/га, при уровне наименьшей существенной разности (НСР₀₅) равной 0,17 т/га. В относительном значении прибавка урожайности к стандарту составила от 20,0 до 84,7%.

На гибридах РЖТ Воллкано КЛП и Клип, следующими вторыми по показателю, полученная урожайность существенно ниже, чем на гибриде Сурус (на 0,66 и 0,63 т/га) и составила 3,34 и 3,31 т/га соответственно.

Далее, в порядке убывания, следуют гибриды ЛГ 50479 СХ и ЛГ 50541КЛП с урожайностью 3,05 и 2,91 т/га и гибрид Интерстеллар с урожайностью 2,58 т/га. На этих гибридах урожайность соответственно была ниже на 0,92; 1,06 и 1,39 т/га, чем на Сурусе и на 0,90; 0,76 и 0,43 т/га выше, чем на РЖТ Волльф.

Испытуемые гибриды подсолнечника также различались по показателям лужистости, масличности и сбору масла с единицы площади (табл. 5).

Таблица 5

Показатели качества маслосемян гибридов подсолнечника (среднее за 2023-2025 гг.)

№	Гибрид	Лужистость, %	Масличность, %	Сбор масла, т/га
1	РЖТ Волльф (st)	26,9	51,96	1,12
2	Интерстеллар	23,6	48,48	1,25
3	Клип	24,8	50,56	1,67
4	Сурус	23,0	53,30	2,12
5	ЛГ 50479 СХ	22,7	42,62	1,30
6	ЛГ 50541КЛП	18,8	48,38	1,41
7	РЖТ Воллкано КЛП	28,7	52,61	1,76
НСР ₀₅		1,17	2,46	0,08

Лужистость семян подсолнечника - биологическая особенность культуры, являющаяся в условиях переработки маслосемян одним из важных технологических показателей продукции. Увеличение этого показателя приводит к снижению масличности, а чрезмерное снижение ухудшает технологические свойства. Выделяется традиционно три группы подсолнечника по показателю лужистости: в первой группе сортов и гибридов подсолнечника масличность варьируется в пределах 19-36%; во вторую группу относятся грызовые сорта с максимальной лужистостью 42-56%; в третьей группе – созданные в ходе направленной селекции и случайных скрещиваний сорта с промежуточными значениями лужистости, именуемые межеумками (37-41%) [13].

Лужистость маслосемян подсолнечника в условиях опыта изменялась в интервале от 18,8 до 28,7%, что соответствует оптимальным значениям показателя для масличных гибридов. Самый низкий показатель отмечен на гибриде ЛГ 50541КЛП (18,8%), самые высокие – на гибридах РЖТ Волльф и РЖТ Воллкано КЛП 26,9 и 28,7% соответственно. На гибридах ЛГ 50479 СХ, Сурус, Интерстеллар и Клип показатель лужистости маслосемян был на уровне 22,7-24,8%

Масличность испытуемых гибридов подсолнечника составила от 42,62 до 53,30%. Лучшим по показателю масличности оказался гибрид Сурус со значением 53,30%. Содержанием масла в семенах более 50 процентов отметились гибриды РЖТ Воллкано КЛП (52,61%), РЖТ Волльф (51,96%) и Клип (50,56%). Масличность гибридов ЛГ 50541КЛП и Интерстеллар различалась между собой на 1/10 процента и соответствовала значениям 48,38 и 48,48%. Минимальный показатель зафиксирован на гибриде ЛГ 50479 СХ (42,62%).

При данных уровнях урожайности маслосемян и их масличности, сбор масла с одного гектара составит от 1,12 до 2,12 тонн. Поскольку на гибриде Сурус отмечена самая высокая урожайность маслосемян, а полученные семена имели самую высокую масличность, соответственно максимальный сбор масла на уровне 2,12 т/га зафиксирован на этом гибриде. Гибрид РЖТ Волльф, не смотря на высокую масличность, из-за сравнительно низкой урожайности характеризовался самым низким сбором масла (1,12 т/га). Гибриды РЖТ Воллкано КЛП и Клип обеспечили сбор масла 1,76 и 1,67 т/га соответственно.

Заключение

Исследования, проведённые в 2023-2025 гг. с 7 современными гибридами подсолнечника разных групп спелости показали, что гибриды с продолжительностью периода вегетации до 120-125 дней способны обеспечивать получение высокой урожайности качественных маслосемян в условиях серых лесных почв Брянской области. Их средняя урожайность в условиях опыта изменялась в пределах от 2,15 до 3,97 т/га, с масличностью от 42,62 до 53,30% и сбором масла от 1,12 до 2,12 т/га.

Самым продуктивным оказался раннеспелый российский гибрид Сурус, который сформировал самые крупные корзинки, со средним диаметром 16,2 см, самыми высокими показателями массы семянок с одной корзинки (72,1 г) и массы 1000 семянок (71,2 г). Количество семянок в корзинке на этом гибриде превышало 1012 шт. Такие значения показателей структуры урожая обеспечили самую высокую урожайность маслосемян на уровне 3,97 т/га, а оптимальное значение лужистости (23,0%) и максимальный показатель масличности семян (53,30%), обеспечили максимальный сбор масла на уровне 2,12 т/га.

Урожайность французского гибрида РЖТ Воллкано КЛП и российского гибрида Клип была ниже гибрида Сурус на 0,66 и 0,63 т/га, составила 3,34 и 3,31 т/га соответственно. Масличность семян соответствовала значениям 52,61 и 50,56%, а сбор масла 1,76 и 1,67 т/га.

Литература

1. Шитиков Н.В., Пигорев И.Я. Масложировая продуктивность гибридов компаний Syngenta и Pioneer в агроценозах подсолнечника лесостепи России. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 8. – С. 6-11.
2. Резвякова С.В., Пигорев И.Я., Некипелов Т.С. Особенности роста и развития гибридов подсолнечника при использовании ЖКУ в условиях лесостепи России. // Аграрная наука. – 2024. – № 9. – С. 107-113. – DOI: 10.32634/0869-8155-2024-386-9-107-113.

3. Потапов Д.В., Саниев Р.Н., Васин В.Г., Васин А.В. Влияние доз внесения микроудобрительной смеси Агроминерал на продуктивность гибридов подсолнечника. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, - № 4-2(56). – С. 37-43. – DOI: 10.12737/2073-0462-2020-37-43.
4. Киселева Л.В., Васин В.Г., Васин А.В., Рухлевич Н.В. Продуктивность гибридов подсолнечника при внесении удобрений на запланированную урожайность. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 42-48. – DOI: 10.55170/1997-3225-2024-9-1-42-48.
5. Гаврилова Е.Ю., Балабанова Г.И. Отечественные семена – основа продовольственной безопасности. // Сахарная свекла. – 2025. – № 4. – С. 2-5.
6. Гаврилова Е.Ю. Посевная кампания-2023 станет залогом успешного сезона растениеводства. // Сахарная свекла. – 2023. – № 3. – С. 2-7.
7. Сычев С.М., Бельченко С.А., Малякко Г.П. [и др.] Успехи в развитии аграрного сектора экономики Брянской области. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 190-197.
8. Смирнов А.С., Васин В.Г., Кригер М.С., Ким В.Э. Формирование урожая гибридов подсолнечника при внесении удобрений с серой и цинком. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 49-55. – DOI: 10.55170/1997-3225-2024-9-1-49-55.
9. Бельченко Д.С., Бельченко С.А., Никифоров В.М. [и др.] Эффективность применения микроудобрений в интенсивной технологии возделывания подсолнечника. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, – № 3. – С. 25-33. – DOI: 10.26898/0370-8799-2023-3-3.
10. Мазалов В.И., Небытов В.Г., Стебаков В.А. Урожайность и адаптивные свойства сортов и гибридов подсолнечника в условиях Орловской области. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2025. – № 2(54). – С. 109-118. – DOI: 10.24412/2309-348X-2025-2-109-118.
11. Бушнев А.С., Гриднев А.К., Котлярова И.А. [и др.] Качественные показатели семян линии подсолнечника в зависимости от различных агроприемов на участке размножения. // Масличные культуры. – 2025. – № 2(202). – С. 58-67. – DOI: 10.25230/2412-608X-2025-2-202-58-67.
12. Чекин Г.В., Смольский Е.В. Агрохимические свойства почв опытного поля Брянского ГАУ. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 5(93). – С. 31-38. – DOI 10.52691/2500-2651-2022-93-5-31-38.
13. Пигорев И.Я., Шитиков Н.В., Некипелов Т.С. Лужистость маслосемян гибридов подсолнечника на черноземе типичном Курской области. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4. – С. 13-17.

References

1. Shitikov N.V., Pigorev I.Ya. Oil and fat productivity of Syngenta and Pioneer hybrids in Russian forest-steppe sunflower agrocenoses, *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii*, 2023, no.8, pp. 6-11. (In Russian)
2. Rezvyakova S.V., Pigorev I.Ya., Nekipelov T.S. Features of growth and development of sunflower hybrids when using liquid complex fertilizers in the forest-steppe of Russia, *Agrarnaya nauka*, 2024, no.9, pp.107-113. DOI 10.32634/0869-8155-2024-386-9-107-113. (In Russian)
3. Potapov D.V., Saniev R.N., Vasin V.G., Vasin A.V. Effect of Agromineral micro-fertilizer mix application doses on sunflower hybrid productivity, *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, Vol.14, no.4-2(56), pp.37-43. DOI 10.12737/2073-0462-2020-37-43. (In Russian)
4. Kiseleva L.V., Vasin V.G., Vasin A.V., Rukhlevich N.V. Productivity of sunflower hybrids when fertilizing planned yield, *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii*, 2024, no.1, pp. 42-48. DOI 10.55170/1997-3225-2024-9-1-42-48. (In Russian)
5. Gavrilova E.YU., Balabanova G.I. Domestic seeds are the basis of food security, *Sakharnaya svekla*, 2025, no.4, pp.2-5. (In Russian)

6. Gavrilova E.YU. Sowing campaign-2023 will be the key to a successful crop growing season, *Sakharnaya svekla*, 2023, no.3, pp. 2-7. (In Russian)
7. Sychev S.M., Bel`chenko S.A., Malyavko G.P. Successes in the development of the agricultural sector of the economy of the Bryansk region, *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel`skokhozyajstvennoj akademii*, 2025, no.1, pp. 190-197. (In Russian)
8. Smirnov A.S., Vasin V.G., Kriger M.S., Kim V.È. Production of sunflower hybrids when applying fertilizers with sulfur and zinc, *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel`skokhozyajstvennoj akademii*, 2024, no.1, pp.49-55. DOI 10.55170/1997-3225-2024-9-1-49-55. (In Russian)
9. Bel`chenko D.S., Bel`chenko S.A., Nikiforov V.M. Efficiency of using micro fertilizers in intensive sunflower cultivation technology, *Sibirskij vestnik sel`skokhozyajstvennoj nauki*, 2023, Vol. 53, no.3, pp. 25-33. DOI 10.26898/0370-8799-2023-3-3. (In Russian)
10. Mazalov V. I., Nebytov V. G., Stebakov V. A. Yield and adaptive properties of sunflower varieties and hybrids in the Oryol region, *Zernobobovye i krupyanye kul`tury*, 2025, no.2, (54), pp. 109-118. DOI 10.24412/2309-348X-2025-2-109-118. (In Russian)
11. Bushnev A.S., Gridnev A.K., Kotlyarova I.A. Qualitative indicators of sunflower seeds depending on different agricultural practices at the breeding site, *Maslichnye kul`tury*, 2025, no.2(202), pp.58-67. DOI 10.25230/2412-608X-2025-2-202-58-67. (In Russian)
12. Chekin G.V., Smol`skij E.V. Agrochemical properties of soils of the experimental field of the Bryansk SAU, *Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel`skokhozyajstvennoj akademii*, 2022, no.5(93), pp. 31-38. DOI 10.52691/2500-2651-2022-93-5-31-38. (In Russian)
13. Pigorev I.Ya., Shitikov N.V., Nekipelov T.S. Huskiness of sunflower hybrid oilseeds on typical Kursk region chernozem, *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii*, 2024, no.4, pp. 13-17.

ВЛИЯНИЕ ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

А.А. ПАШКОВСКАЯ, аспирант

В.Ф. ШАПОВАЛОВ, доктор сельскохозяйственных наук

Л.А. ЗВЕРЕВА, кандидат экономических наук

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ,

E-mail: saha641970@yandex.ru

***Аннотация.** Исследованы действия фосфорных и калийных минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур на торфяных почвах. Работы по выращиванию ячменя, озимой ржи, картофеля и многолетних трав проводились в соответствии с агротехническими требованиями для таких культур на торфяных почвах. Влияние удобрений изучалось в системе 6-польного севооборота при следующем чередовании культур: многолетние травы 1-го и 2-го года, озимая рожь, зернобобовые, пропашные, ячмень в период с 2018 года по 2023 год. Оценка влияния различных доз фосфорных и калийных минеральных удобрений (P_{60} , K_{120} , $P_{30}K_{60}$, $P_{60}K_{120}$, $P_{120}K_{240}$) осуществлялась для трех основных сельскохозяйственных культур: ячмень на зерно; картофель; многолетние травы на сено. Оптимальной дозой удобрений, как по урожайности, так и по наличию подвижных форм NPK оказалась $P_{60}K_{120}$ кг/га действующего вещества, вносимая в среднем за год ротации севооборота. Прибавка урожая картофеля (сорт Гала) от внесенных удобрений в среднем за годы исследований была в пределах 45,3 ц/га от фосфора и 48,1 ц/га от калия. При внесении $P_{120}K_{240}$ кг/га действующего вещества прибавка составила 102,1 ц/га. По содержанию протеина в зерне и сене, крахмала в картофеле наиболее эффективна доза $P_{30}K_{60}$.*

***Ключевые слова:** торфяные почвы, минеральные удобрения, сельскохозяйственные культуры, прибавка урожайности, севооборот.*

***Для цитирования:** Пашковская А.А., Шаповалов В.Ф., Зверева Л.А. Влияние фосфорных и калийных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур на торфяных почвах. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):131-136 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-131-136*

EFFECT OF PHOSPHORIC AND POTASSIUM FERTILIZERS ON THE HARVEST OF AGRICULTURAL CROPS ON PEAT SOILS

A.A. Pashkovskaya, V.F. Shapovalov, L.A. Zvereva

BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY, E-mail: saha641970@yandex.ru

***Abstract:** Research on the effect of phosphorus and potassium mineral fertilizers on crop yields on peat soils. Work on the cultivation of barley, winter rye, potatoes and perennial grasses was carried out in accordance with the agrotechnical requirements for such crops on peat soils. The effect of fertilizers was studied in the system of 6-field crop rotation with the following alternation of crops: perennial grasses of the 1st and 2nd year, winter rye, legumes, row crops, barley in the period from 2018 to 2023. The impact of various doses of phosphorus and potassium mineral fertilizers (P_{60} , K_{120} , $R_{30}K_{60}$, $P_{60}K_{120}$, $P_{120}K_{240}$) was assessed for three main crops: barley for grain; potatoes; perennial grasses for hay. The optimal dose of fertilizers, both in terms of yield and the presence of mobile forms of NPK, turned out to be $R_{60}K_{120}$ kg /ha of the active substance, applied on average per year of rotation of crop rotation. Potato crop increase (Gala variety) The*

average value of fertilizers applied over the years of research was in the range of 45.3 c/ha of phosphorus and 48.1 c/ha of potassium. When applying P₁₂₀K₂₄₀ kg/ha of the active substance, the increase was 102.1 c/ha. According to the protein content in grain and hay, starch in potatoes, the dose of R₃₀K₆₀ is the most effective.

Keywords: Peat soils, mineral fertilizers, agricultural crops, yield increase, crop rotation.

Введение

Анализ ряда публикаций показывает то, что основным недостатком торфяных почв для производства сельскохозяйственной продукции растениеводства является очень низкое содержание валового фосфора и калия. Низкое содержание этих элементов может выступить как лимитирующий фактор для урожайности сельскохозяйственных растений. Однако торфяные почвы обладают скрытым плодородием в связи с наличием органического вещества в них, а отрицательные свойства устраняют осушением, известкованием, пескованием, внесением удобрений. Минеральные удобрения являются мощным фактором роста урожайности сельскохозяйственных культур и повышения плодородия торфяных почв.

Изменение содержания подвижных соединений фосфора по профилю почвы под сельскохозяйственными культурами неоднородно, характер этих изменений зависит от возделываемой культуры [1]. Очевидно, увеличить запасы соединений фосфора и калия в почве под сельскохозяйственными культурами можно только за счет внесения минеральных удобрений. По факторам, оказывающим влияние на содержание соединений фосфора и калия в торфяных низинных почвах, отмечается высокая степень рассеивания данных, что так же подтверждается статистическим анализом. По соединениям калия отмечены самые высокие коэффициенты вариации: по валовому запасу 56,8%, по его подвижным соединениям 42,8%. Высокая неоднородность запасов соединений калия, в основном, связана с высокой мобильностью этого элемента и с разными физиологическими потребностями выращиваемых культур. По данным ряда авторов осушенные торфяные почвы при научном подходе к их системе удобрений способны почти стабильно обеспечивать высокую урожайность хорошего качества практически любой сельскохозяйственной культуры (Донских И.Н., Павлова Т.К., Царенко В.П., 1975; Ефимов В.Н., Корнилова Л.И., Лунина Н.Ф., 1986) [2, 3, 4].

Цель исследований – изучить действие различных доз минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур на торфяных почвах Новозыбковского и Гордеевского районов Брянской области.

Материалы и методы исследований

На опытном поле Новозыбковской СХОС ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса, на объектах с. Верещаки Новозыбковского района и с. Борец Гордеевского района в период с 2018 года по 2023 год, проводились исследования влияния минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур, выращиваемых на торфяных почвах. Повторность опытов четырехкратная, учетная площадь делянки 50-80 м². Роль удобрений в с. Верещаки изучалась в системе 6-польного севооборота при следующем чередовании культур: многолетние травы 1-го и 2-го года, озимая рожь, зернобобовые, пропашные, ячмень. На объекте с. Верещаки для изучения доз и соотношений удобрений во времени взята монокультура картофеля и зерновых. Обработка почвы, посев сельскохозяйственных культур; уход за посевами и уборка урожая проводились в соответствии с агротехническими требованиями для культур на торфяных почвах. Агрохимическая характеристика почвы, представлена в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы

Адрес	Степень разложения	Зольность, %	рН в КСl	Общие формы элементов, %					Подвижные мг/100 г почвы	
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
с. Верещаки	30	10,7	4,8	2,63	2,26	0,05	1,49	2,09	55	41
с. Борец	35	11,1	4,35	3,84	0,30	0,07	1,64	3,89	15	19

Из таблицы видно, что при более высоком содержании валовых форм фосфатов и калия в почвах с. Борец подвижных форм было в 2-3,5 раза меньше, чем в почвах с. Верещаки.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты исследований, приведенные в таблице 2 показывают, что по всем вариантам опыта урожай сельскохозяйственных культур при посеве их первой культурой после подъема пласта был ниже, чем в среднем за годы исследований. Прибавка урожая зерна ячменя (сорт Зенит) от применения фосфорных и калийных удобрений за 6 лет колебалась в пределах 7,9-12,8 ц/га и составила 53,7-87,1% к урожаю контрольного варианта. По процентному содержанию протеина в зерне заметных отклонений не наблюдалось.

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и плодородие торфяной почвы с. Верещаки, 2018-2023 гг.

Удобрение за год ротации севооборота	Урожай, ц/га		% содержания протеина в зерне и сене, крахмала в картофеле		Содержание подвижных форм в мг/100г сухой почвы		
	2018 г.	В среднем за 6 лет	2018 г.	В среднем за 6 лет	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ячмень (зерно)							
Без удобрений	8,3	14,7	13,9	16,0	37	47	30
P ₆₀	18,8,	22,7	-	-	36	54	31
K ₁₂₀	17,5	22,6	-	-	34	40	42
P ₃₀ K ₆₀	17,4	23,9	14,0	16,4	39	59	40
P ₆₀ K ₁₂₀	20,9	27,1	12,3	15,8	30	75	46
P ₁₂₀ K ₂₄₀	24,7	27,5	12,8	16,0	28	93	71
НСР ₀₅	2	8					
Многолетние травы (сено)							
Без удобрений	24,4	44,2	-	22,6	42	47	30
P ₆₀	33,8	50,7	-	-	32	73	34
K ₁₂₀	26,8	80,6	-	-	40	54	52
P ₃₀ K ₆₀	37,1	58,2	-	21,5	39	59	40
P ₆₀ K ₁₂₀	28,4	66,9	-	21,0	39	75	46
P ₁₂₀ K ₂₄₀	39,0	68,1	-	19,4	24	93	71
НСР ₀₅	6	9					
Картофель (клубни)							
Без удобрений	191,9	212,8	14,4	13,0	49	50	30
P ₆₀	255,5	258,1	14,6	12,9	52	77	30
K ₁₂₀	213,3	260,9	14,2	13,1	46	50	43
P ₃₀ K ₆₀	261,3	269,2	14,5	12,6	42	61	45
P ₆₀ K ₁₂₀	286,0	305,5	14,7	12,7	42	78	59
P ₁₂₀ K ₂₄₀	324,0	314,9	13,8	11,7	26	92	83
НСР ₀₅	22	7					

Под влиянием окультуривания почвы наблюдалось повышенное содержание в пахотном слое нитратного азота, при этом под действием минеральных удобрений и особенно калийных, содержание нитратного азота под растениями снижалось. Наиболее высокое содержание NO₃ без внесения удобрений, как правило, наблюдалось в пахотном слое

На целине до внесения удобрений наличие подвижного фосфора и калия было довольно высоким. Считается, что такие торфяные почвы относятся к хорошо окультуренным. За годы исследований на варианте без удобрений и по фону калия наблюдалось уменьшение содержания подвижного фосфора. При внесении фосфорных удобрений и особенно высоких их доз в пахотном слое накапливается значительное количество подвижного фосфора.

Такая же закономерность наблюдалась и по содержанию калия, которого на варианте без удобрений и по фосфору содержалось меньше.

Процентное содержание протеина в сене клеверотимофеечной смеси под влиянием фосфорных и калийных удобрений несколько снижалось, и больше при внесении высоких их доз.

Прибавка урожая картофеля (сорт Гала) от внесенных удобрений в среднем за годы исследований была в пределах 45,3 ц. от фосфора и 48,1 ц. от калия. При внесении $P_{120}K_{240}$ кг/га действующего вещества прибавка составила 102,1 ц/га.

Самое высокое содержание крахмала определено при возделывании картофеля первой культурой после подъема целины.

Оптимальной дозой удобрений, как по урожайности, так и по наличию подвижных форм NPK оказалась $P_{60}K_{120}$ кг/га действующего вещества, вносимая в среднем за год ротации севооборота.

Данные таблицы 3 показывают, что на варианте без удобрений в пахотном слое подвижного фосфора снизилось. По фону содержание подвижного фосфора по существу не изменилось. При внесении более высоких доз фосфорно-калийных удобрений отмечено накопление подвижного фосфора в 30-см пахотном слое.

Таблица 3

Наличие в пахотном слое подвижных форм фосфора и калия в полях севооборота (через 6 лет после освоения) с. Верещаки, 2018-2023 гг.

Удобрение за год ротации севооборота	мг/100 г сухой почвы							Средняя по опытному участку	В % к исходному
	После подъема целины 2018 г.	поля севооборота							
		I	II	III	IV	V	VI		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		P_2O_5							
Контроль (б/уд)	55	42	34	39	36	46	49	41	74,5
$P_{30}K_{60}$		52	43	60	50	70	66	57	103,6
$P_{60}K_{120}$		76	81	75	61	82	87	77	140,0
$P_{120}K_{120}$		92	96	107	79	103	116	99	180,0
$НСР_{05}$								7	
		K_2O							
Контроль (б/уд)	41	24	22	23	28	24	30	25	61,0
$P_{30}K_{60}$		30	32	32	40	31	37	34	82,9
$P_{60}K_{120}$		36	40	38	66	50	56	49	119,5
$P_{120}K_{120}$		65	70	52	75	74	84	70	170,7
$НСР_{05}$								8	

Данные о полученных урожаях, приведенные в таблице 4, показывают высокое положительное действие фосфорно-калийных удобрений. Так, урожай картофеля (сорт Гала) в среднем за 5 лет от применения удобрений увеличился более чем в 2 раза.

**Влияние минеральных удобрений на урожай картофеля и содержание крахмала.
Объект с. Борец Гордеевского района.**

Вариант	Урожай клубней картофеля по годам, ц/га							% крахмала, среднее
	2019	2020	2021	2022	2023	Среднее	%	
Без удобрений	116	144	100	130	108	120	100	12,8
P ₆₀	129	157	132	159	144	144	120	12,2
K ₁₂₀	221	184	176	215	212	202	168	12,5
P ₈₀ K ₈₀	270	229	246	306	250	264	220	13,4
P ₈₀ K ₁₆₀	291	238	298	286	276	278	232	12,4
P ₈₀ K ₃₂₀	332	224	288	271	268	277	231	11,6
P ₄₀ K ₁₆₀	289	220	249	266	232	251	209	12,0
P ₁₆₀ K ₁₆₀	337	256	336	292	278	300	250	12,0
P ₈₀ K ₁₆₀ Ca _{2,5}	310	226	298	262	263	272	227	12,3
Ca _{2,5} B _{0,5}	310	238	296	266	275	277	231	12,3
НСР _{0,5}	28	22	29	20	40			

Раздельное применение, фосфора и калия уступает их совместному действию. Ежегодное внесение фосфорно-калийных удобрений способствует значительному накоплению в почве, как фосфатов, так и калия (табл. 5). Так, если без внесения удобрений содержание фосфатов и калия практически не изменяется за время использования торфяных почв, то при внесении удобрений, особенно высоких доз, количество подвижных форм фосфора и калия увеличивается в 6 раз. Накопление подвижного фосфора в почве опережает накопление калия. Если сравнить соотношение элементов после 3 лет внесения удобрений и после 5 лет, то заметно уменьшение калия как на вариантах с высокими его дозами, так и при повышенных дозах фосфора. До закладки опыта подвижного фосфора было 15 см P₂O₅, калия 19 мг K₂O на 100 г сухой почвы.

Таблица 5

Изменение содержания подвижных форм фосфора и калия в почве под влиянием возделывания сельскохозяйственных культур (мг на 100 г сухой почвы)

Вариант	После 3-х летнего возделывания картофеля				После 5-ти летнего возделывания картофеля				
	K ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	19	19	1:1		67	16	20	1:1,25	
P ₈₀	49	20	1:0,41		59	49	27	1:0,55	
K ₁₆₀	11	49	1:4,46		39	27	81	1:3,00	
P ₈₀ K ₈₀	31	28	1:0,90		34	46	42	1:0,91	
P ₈₀ K ₁₆₀	32	36	1:1,12		40	79	87	1:1,10	
P ₈₀ K ₃₂₀	37	89	1:2,41		30	53	113	1:2,13	
P ₄₀ K ₁₆₀	23	50	1:2,17		28	37	72	1:1,95	
P ₁₆₀ K ₁₆₀	59	49	1:0,83		27	93	53	1:0,57	
P ₈₀ K ₁₆₀ Ca _{2,5}	31	46	1:1,48		26	59	44	1:0,75	

Выводы

1. Эффективность применяемых удобрений, главным образом, зависит от погодных условий вегетационного периода. Средняя урожайность (сухого вещества) исследуемых сельскохозяйственных культур в среднем за 6 лет по сравнению с 2018 годом без внесения удобрений выросла для: ячменя на 77%, многолетних трав на 81% и картофеля на 11%.

При внесении высоких доз фосфорных и калийных удобрений (P₁₂₀K₂₄₀) средняя

урожайность за период с 2018 по 2023 гг. составила – многолетних трав на сено – 68,1 ц/га (154%); ячмень (зерно) – 27,5 ц/га (187%); картофеля – 314,9 ц/га (148%).

2. На вариантах с применением удобрений наблюдается заметное снижение нитратного азота по сравнению с вариантом без них и внесением только фосфорных удобрений. При таком соотношении фосфора и калия возможно положительное влияние азотных удобрений.

3. При возделывании зерновых на торфяных почвах в первый год освоения урожай гороха на удобренном варианте (внесение азофоски марки 16:16:16) составил 12,7 ц/га. На пятый год возделывания зерновых урожай озимой ржи составил 39,6 ц/га, без применения удобрений – 10,8 ц/га. Содержание подвижных форм фосфора увеличилось до 48 мг, калия – до 79 мг на 100 г сухой почвы.

4. При внесении более высоких доз фосфорно-калийных удобрений $P_{120}K_{240}$ отмечено накопление подвижного фосфора (93мг/100г сухой почвы) в 30-см пахотном слое.

Литература

1. Горский А. С. Азотный режим и продуктивность торфяных низинных почв разной степени антропогенного воздействия в условиях северо-востока европейской части РФ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Санкт-Петербург – 2020.
2. Каранкевич Е.В., Семенов Н.Н. Влияние уровня плодородия торфяных почв разных стадий эволюции на продуктивность сельскохозяйственных культур. // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию основания институтата. Минск. – 2011. – С. 56-58.
3. Байдакова Е.В., Зверева Л.А., Кривоускова В.Н., Пашковская А.А. Минеральные удобрения и плодородие почв. Сборник (ФГБОУ ВО «БГИТУ»). Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Брянск. – 2023. – 19 с.
4. Пашковская А.А., Пашковский А.А., Зверева Л.А., Леянова Е.Н. Эффективность пескования и глинования торфяных почв. // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2024. – Т.19. – № 8 (235). – 484 с.

References

1. Gorsky A.S. Nitrogen regime and productivity of peat lowland soils of varying degrees of anthropogenic impact in the conditions of the north-east of the European part of the Russian Federation. Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. St. Petersburg, 2020.
2. Karankevich E.V., Semenenko N.N. Influence of the level of fertility of peat soils of different stages of evolution on the productivity of agricultural crops. Soil fertility and effective application of fertilizers: proc of the Intern. Scientific and Practical Conf., dedicated to the 80th anniv. of the founding of the institute. Minsk. 2011, pp.56-58.
3. Baidakova E.V., Zvereva L.A., Krovopuskova V.N., Pashkovskaya A.A. Mineral fertilizers and soil fertility. Collection (FGBOU VO "BGITU"). The environment surrounding a person: natural, man-made, social. Materials of the XII International Scientific and Practical Conference. Bryansk, 2023, p.19.
4. Pashkovskaya A.A., Pashkovskii A.A., Zvereva L.A., Lelyanova E.N. Efficiency of sanding and claying of peat soils. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*. 2024, Vol.19, no. 8 (235), p.484.

DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-137-142

УДК: 633.12:631.527

НОВЫЙ СОРТ ГРЕЧИХИ ДИАНА**А.Н. ФЕСЕНКО**, доктор биологических наук, <https://orcid.org/0000-0002-7658-3471>**И.Н. ФЕСЕНКО**, доктор биологических наук, <https://orcid.org/0000-0002-3612-422X>E-mail: ivanfesenko@rambler.ru**О.В. БИРЮКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5319-2374>**ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР**

В статье представлены результаты селекционной работы по созданию нового детерминантного сорта гречихи Диана. Исследование основано на гипотезе, что накопление «благоприятных» доминантных аллелей не только снижает инбредную депрессию самоопыленных линий, но и вносит вклад в формирование гетерозисной мощности перекрестноопыляемой популяции. В ходе работы были получены инбредные линии на основе гибрида между сортом Молва и формой Гд11, несущей ген гомостилии линии С9139 F. homotropicum. Наиболее продуктивные из этих линий были скрещены между собой для формирования «улучшенной» популяции, которая затем была скрещена с сортом Диколь. Результаты показали, что у линий второго цикла отбора кумулятивная инбредная депрессия снизилась на 15,6% по сравнению с линиями первого цикла. Полученная популяция ДМ (Диколь модифицированный) по результатам трехлетнего изучения достоверно превзошла сорт Диколь по урожайности. После многократного массового отбора на улучшение агрономических признаков был сформирован сорт Диана, который превзошел сорт-стандарт Диколь по урожайности в среднем за 3 года на 0,36 т/га, с максимальной урожайностью 4,33 т/га (Красноярский край) и максимальной прибавкой к стандарту 0,71 т/га (Омская область). По результатам Государственного сортоиспытания сорт районирован в пяти регионах России. Исследование подтверждает перспективность использования популяций с повышенной устойчивостью к инбредной депрессии в качестве исходного материала в селекции гречихи.

Ключевые слова: инбредная депрессия, гетерозис, гречиха, сорт.

Для цитирования: Фесенко А.Н., Фесенко И.Н., Бирюкова О.В. Новый сорт гречихи Диана. Зернобобовые и крупяные культуры. 2026. № 1 (57):137-142 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-137-142

NEW BUCKWHEAT VARIETY DIANA**A.N. Fesenko, I.N. Fesenko, O.V. Biryukova**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: *The article presents the results of breeding work resulting in a new determinate buckwheat variety Diana. The study is based on the hypothesis that the accumulation of "favorable" dominant alleles not only reduces inbreeding depression of self-pollinated lines, but also contributes to the formation of heterotic power of the cross-pollinated population. In the course of the work, inbred lines were obtained based on a hybrid between the Molva variety and the HL11 form carrying the homostyly gene of the C9139 accession of F. homotropicum. The most productive of these lines were crossed with each other to form an "improved" population, which was then crossed with the Dikul variety. The results showed that the cumulative inbreeding depression of the lines of the second selection cycle decreased by 15.6% compared to the lines of the first cycle. The resulting DM (modified Dikul) population, based on the results of a three-year study, reliably*

surpassed the Dikul variety in yield. After multiple mass selection to improve agronomic traits, the Diana variety was formed, which surpassed the standard variety Dikul in yield on average over 3 years by 0.36 t/ha, with a maximum yield of 4.33 t/ha (Krasnoyarsk province) and a maximum increase to the standard of 0.71 t/ha (Omsk province). Based on the results of the State Variety Testing, the variety was registered in five regions of Russia. The study confirms the prospects of using populations with increased resistance to inbreeding depression as the source material for buckwheat breeding.

Keywords: inbreeding depression, heterosis, buckwheat, variety.

Введение

В настоящее время в производстве гречихи в России основную роль играют детерминантные сорта [1]. В связи с этим, большое значение имеет совершенствование методики их селектирования, в частности, разработка методов формирования дополнительного длительно сохраняющегося гетерозиса. Так, в модельном опыте по переносу в геном широко распространенного сорта Дикуль «шлейфа» рецессивных аллелей, сцепленных с доминантным аллелем локуса гетеростилии сорта Астра, был получен сорт гречихи Даша, который за 5 лет с момента районирования вышел на второе место в топ-10 наиболее распространенных сортов гречихи в России [2]. В данной статье изложены результаты модельного опыта по использованию в селекции аллелей, обеспечивающих повышенную устойчивость гречихи к инбредной депрессии. В результате данного эксперимента был создан новый детерминантный сорт гречихи Диана.

Материалы и методика исследований

Для получения инбредных линий был использован гибрид между сортом Молва и формой Гд11, несущей ген гомостилии дикого автогамного вида гречихи *F.homotropicum* («исходная» популяция) [3, 4]. В условиях теплицы были получены инбредные линии I₅-I₆, продуктивность которых оценили в полевых условиях. Далее, 4 наиболее продуктивные линии I₆ были скрещены для формирования «улучшенной» популяции, на основе которой были заложены линии второго цикла отбора, которые изучались в полевых условиях (контролем служили линии первого цикла отбора). Обе популяции пересеивали в 1999-2001 гг. и ежегодно из них отбирали массовым отбором отдельно длинностолбчатые (Д) растения (МО Д – все семена от перекрестного опыления, т.е. максимально гетерозисный вариант), гомостильные (Гд) растения (МО Гд – вариант с максимальной степенью самоопыления), и смесь (в равных соотношениях) Д и Гд растений (МО Д+Гд – вариант с частичным самоопылением). Полученные семена использовали для испытания на урожайность. Конкурсное сортоиспытание проводили по стандартной методике: учетная площадь делянки 10 м², повторность 10-кратная, посев рядовой с нормой высева 3 млн всхожих зерен/га. В качестве сорта-стандарта использован районированный сорт Молва.

«Улучшенная» популяция была скрещена с сортом Дикуль. Для скрещивания использовали длинностолбчатые растения «улучшенной» популяции и короткостолбчатые растения сорта Дикуль.

Изучение продуктивности инбредных линий проводили по методике, описанной нами ранее [5]. Инбредную депрессию признаков и кумулятивную инбредную депрессию рассчитывали по общепринятой методике [6, 7].

Результаты и их обсуждение

При планировании работы мы исходили из гипотезы, что гетерозис у гречихи в основном связан с действием механизмов общей комбинационной способности, т.е. «благоприятных» доминантных аллелей.

Сравнительное изучение продуктивности инбредных линий показало, что у линий второго цикла проявилась довольно сильная инбредная депрессия по всем изученным признакам (табл. 1), хотя величина снижения изученных показателей была меньше, чем у исходных линий: кумулятивная инбредная депрессия линий I₁ первого и второго цикла составила 0,709 и 0,553, соответственно (т.е. снизилась на 0,156).

Таким образом, устойчивость к инбредной депрессии у линий второго цикла повысилась. Можно предполагать, что это связано с накоплением комплекса доминантных аллелей, обеспечивающих повышение устойчивости гречихи к инбредной депрессии и способных обеспечить формирование дополнительного длительно сохраняющегося гетерозиса при гибридизации.

Таблица 1

Инбредная депрессия у самоопыленных линий II гречихи (среднее за 3 года)

Линии	Изучено линий	Инбредная депрессия	
		Биомассы растений	Массы зерна с растения
Первого цикла	291	0,39	0,66
Второго цикла	157	0,32	0,51

Изучение урожайности «исходной» и «улучшенной» популяций в конкурсном сортоиспытании показало, что в условиях рядового посева величина инбредной депрессии всех признаков зависела от уровня самоопыления в популяциях. Урожайность потомств от частичного самоопыления была существенно ниже, чем в гетерозисном варианте (МО Д), у обеих популяций: инбредная депрессия урожайности потомств Гд+Д и Гд растений «исходной» популяции составила 0,30 и 0,47, «улучшенной» популяции – 0,22 и 0,39, соответственно (табл. 2, 3). Таким образом, устойчивость «улучшенной» популяции к инбредной депрессии возросла: в варианте с максимальной степенью самоопыления (МО Гд) величина кумулятивной инбредной депрессии «улучшенной» популяции снизилась на 0,084 по сравнению с «исходной» популяцией – составила 0,485 и 0,569, соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность гомостильных популяций гречихи (среднее за 2000-2002 гг.)

Популяция	Полевая всхожесть семян, %	Выживаемость растений к уборке, %	Урожай биомассы, г/кв.м.	K _{хоз} , %	Урожай зерна, т/га
Молва (стандарт)	84,2	81,9	603	14,7	1,14
Исходная популяция					
МО Д	85,1	84,0	681	15,5	1,02
МО Г+Д	77,8 (0,10)*	76,6 (0,08)	612 (0,10)	14,4 (0,12)	0,74 (0,30)
МО Г	78,4 (0,09)	74,1 (0,11)	530 (0,22)	14,9 (0,11)	0,63 (0,47)
«Улучшенная» популяция					
МО Д	86,8	81,8	617	16,4	1,28
МО Г+Д	82,6 (0,04)	76,7 (0,05)	585 (0,05)	14,7 (0,08)	1,07 (0,22)
МО Г	80,0 (0,07)	74,4 (0,09)	542 (0,11)	14,9 (0,09)	0,86 (0,39)
НСР ₀₅	6,24	5,91	63,5	1,27	0,117

*В скобках указана величина инбредной депрессии (d) относительно гетерозисного варианта (МО Д) данной популяции

Снижение величины инбредной депрессии в результате проведенного цикла селекции на повышение устойчивости к инбредной депрессии было сравнительно небольшим (как при оценке продуктивности инбредных линий, так и при изучении урожайности гомостильных популяций), но «улучшенная» популяция в гетерозисном состоянии (МО Д) по результатам трех лет изучения статистически достоверно превзошла по урожайности сорт-стандарт Молва, тогда как соответствующий вариант «исходной» популяции достоверно уступил по урожайности сорту-стандарту (табл. 2). Урожайность отборов «МО Д+Гд» и «МО Гд» «улучшенной» популяции относительно сорта-стандарта Молва (86,4% и 67,4%, соответственно) также была выше, чем у «исходной» популяции (59,9% и 46,2%, соответственно). Таким образом, объединение комплексов доминантных аллелей,

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 1 (57) 2026 г.
 обеспечивающих повышенную устойчивость линий гречихи к инбредной депрессии, способно обеспечить дополнительный длительно незатухающий внутрипопуляционный гетерозис.

Для проверки возможности использования этого комплекса аллелей в селекции, в модельном опыте «улучшенная» популяция была скрещена с детерминантным сортом Дикуль. Полученный гибрид размножили с отбором детерминантных растений, после чего оценили его урожайность в конкурсном сортоиспытании. Полученная популяция ДМ (Дикуль модифицированный) по результатам трехлетнего изучения достоверно превзошла по урожайности сорт Дикуль за счет повышения как урожая биомассы, так и $K_{хоз}$ (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность популяции ДМ (Дикуль модифицированный) в конкурсном сортоиспытании. Среднее за 2004...2006 гг.

Сорт	Продолжительность периодов, сут			Урожайность, т/га		$K_{хоз}$, %
	Вегетативного	Генеративного	Вегетационного	Зерна	Биомассы	
Дикуль (стандарт)	29,3	47,0	76,3	2,05	7,89	24,6
ДМ	30,3	47,3	77,7	2,17	8,20	26,7
НСР ₀₅				0,117	0,22	1,45

В дальнейшем популяция ДМ была проработана многократным массовым отбором на повышение крупности зерна, снижение высоты растений, уменьшение размера соцветий, в результате чего был сформирован сорт гречихи Диана.

В конкурсном сортоиспытании сорт Диана превзошел сорт-стандарт Дикуль по урожайности в среднем за 3 года на 0,36 т/га (табл. 4).

Таблица 4

Агробиологическая характеристика сорта гречихи Диана в конкурсном сортоиспытании (среднее за 3 года).

Сорт	Вегетационный период, сут.	Устойчивость к полеганию, баллов	Урожайность зерна, (т/га)
Дикуль (эталон)	72,3	4,7	2,06
Диана	72,3	4,7	2,42

Масса 1000 семян сорта Диана (31,7 г) была на уровне сорта Дикуль (31,9 г). Сорт Диана отнесен к ценным по качеству [8]. По результатам Государственного сортоиспытания сорт Диана был районирован в Центральном, Центрально-Черноземном, Средне-Волжском, Уральском и Восточно-Сибирском регионах. Максимальная урожайность в Государственном сортоиспытании была получена в 2020 году на Краснотуранском сортоучастке Красноярского края (4,33 т/га) (табл. 5).

Таблица 5

Максимальная урожайность сорта Диана в государственном сортоиспытании (2019-2020 гг.)

Регион	Урожайность, т/га
Центральный	3,26
Центрально-Черноземный	3,39
Северо-Кавказский	1,5
Средне-Волжский	2,47
Нижне-Волжский	2,24
Уральский	3,13
Западно-Сибирский	2,19
Восточно-Сибирский	4,33

Максимальная прибавка урожайности сорта Диана по отношению к сорту-стандарту была получена на Шербакульском сортоучастке Омской области (0,71 т/га) (табл. 6).

Таблица 6

Максимальные прибавки урожайности сорта Диана по отношению к сорту-стандарту в государственном сортоиспытании (2019-2020 гг.)

Регион	Прибавка, т/га
Центральный	0,52
Центрально-Черноземный	0,21
Северо-Кавказский	0,09
Средне-Волжский	0,54
Нижне-Волжский	0,08
Уральский	0,36
Западно-Сибирский	0,71
Восточно-Сибирский	0,39

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что повышение устойчивости к инбредной депрессии инбредных линий гречихи обусловлено аккумуляцией в их генотипе комплекса «благоприятных» доминантных аллелей. Это согласуется с гипотезой, объясняющей появление гетерозиса в результате объединения в генотипе доминантных аллелей в большинстве локусов [9, 10]. В практическом плане, показано, что использование в качестве компонентов скрещиваний популяций гречихи с повышенной устойчивостью к инбредной депрессии перспективно для получения длительно сохраняющегося гетерозиса, который может быть использован в селекционном процессе.

Заключение

В результате проведенной селекционной работы создан новый детерминантный сорт гречихи Диана, который успешно прошел государственное сортоиспытание и районирован в пяти регионах Российской Федерации. Сорт продемонстрировал стабильное превышение урожайности над сортом-стандартом Диккуль на 0,36 т/га в среднем за три года испытаний, при этом максимальная урожайность составила 4,33 т/га, а максимальная прибавка к стандарту достигла 0,71 т/га. Исследование подтвердило рабочую гипотезу о том, что накопление «благоприятных» доминантных аллелей в генотипе инбредных линий не только снижает инбредную депрессию при самоопылении, но и способствует формированию дополнительного длительно сохраняющегося гетерозиса в перекрестноопыляемых популяциях.

Литература/References

1. Фесенко А.Н., Фесенко И.Н. Развитие селекции и производства гречихи в России за 100 лет. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – № 1. – С. 113-117. (Fesenko A.N., Fesenko I.N. 2019. Buckwheat breeding and production in Russia during the past 100 years. Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2019, V. 180, P. 113-117. doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-113-117. (in Russian with English summary))
2. <https://rosselhoccenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/tsentralnyy-okrug/moskva/rejting-10-sortov-gibridov-liderov-s-kh-kultur-po-obemam-vyseva-v-rossiyskoy-federatsii-v-2024-g/>
3. Ohnishi O., Asano N. Genetic diversity of *Fagopyrum homotropicum*, a wild species related to common buckwheat. Genetic Resources and Crop Evolution. – 1999. – V. 46. – P. 389-398. DOI:10.1023/A:1008640522979
4. Фесенко А.Н., Фесенко Н.Н. Использование межвидовой гибридизации в селекции гречихи посевной // Доклады РАСХН. – 2002. – №5. – С. 11-13. (Fesenko A.N., Fesenko N.N. Use of interspecific hybridization in common buckwheat breeding. *Doklady RASHN*, 2002, no.5, pp. 11-13. (in Russian))
5. Фесенко А.Н. Использование межвидовой гибридизации для повышения устойчивости гречихи к инбридингу // Доклады РАСХН. – 2007. – №2. – С. 9-11. (Fesenko A.N. Use of

- interspecific hybridization for increasing buckwheat tolerance to inbreeding. *Russian Agricultural Science*, 2007, V. 33, no.2, pp. 79-82. <https://doi.org/10.3103/S1068367407020036>)
6. Lande R., Schemske D.W. The evolution of self fertilization and inbreeding depression in plants. I. Genetic models. *Evolution*. – 1985. – V. 39. – P. 24-40. DOI:10.1111/j.1558-5646.1985.tb04077.x
7. Willis J.H. The role of genes of large effect on inbreeding depression in *Mimulus guttatus*. *Evolution*. 1999, V.53, no.6, pp.1678-1691.
8. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/diana-grechikha/>
9. Takebayashi N., Morell P.L. Is self-fertilization an evolutionary dead end? Revisiting an old hypothesis with genetic theories and macroevolutionary approach. *American Journal of Botany*. 2001, V. 88, pp. 1143-1150. DOI: 10.2307/3558325
10. Igic B., Busch J.W. Is self-fertilization an evolutionary dead end? *New Phytologist*. 2013, V. 198, pp. 386-397. DOI:10.1111/nph.12182

**К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ БОРИСА СТЕПАНОВИЧА ЛИХАЧЁВА,
ДОКТОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК, ПРОФЕССОРА,
ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(1946-2013 ГГ.)**

В.В. ДЬЯЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
ORCID ID: 0000-0002-6302-9113, E-mail: uchsovet@bgsha.com

Н.В. НОВИК*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ORCID ID 0000-0002-3241-9020

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
*ВНИИ ЛЮПИНА – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И
АГРОЭКОЛОГИИ ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА»



***Аннотация.** Статья посвящена памяти Б.С. Лихачева – талантливого ученого и педагога воспитавшего не одно поколение молодых ученых, посвятившего себя российской науке. Представлены этапы жизненного и творческого пути, становления его как крупного ученого в области селекции, семеноводства и семеноведения. Показан вклад ученого в развитие семеноведения полевых культур, селекции и семеноводства люпина, в организацию и технологии полевого кормопроизводства. Его научное наследие насчитывает более 200 публикаций, 10 авторских свидетельств и 5 патентов на сорта люпина жёлтого, узколистного и белого, сои, а также на 2 изобретения. Создана научная школа - он подготовил 32 кандидата наук и 11 докторов.*

***Ключевые слова:** ученый, педагог, селекционер, люпин, сила роста семян.*

Для цитирования: Дьяченко В.В., Новик Н.В. К 80-летию со дня рождения Бориса Степановича Лихачёва, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного деятеля науки Российской Федерации (1946-2013 гг.). *Зернобобовые и крупяные культуры.* 2026. № 1 (57):143-146 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-143-146

**ON THE 80TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF BORIS STEPANOVICH
LIKHACHEV, DOCTOR OF AGRICULTURAL SCIENCES, PROFESSOR, HONORED
SCIENTIST OF THE RUSSIAN FEDERATION**

V.V. Dyachenko, N.V. Novik*

FSBEI HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

*FSBSI «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN» – BRANCH OF FSBSI
«FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND
AGROECOLOGY»

***Abstract:** The article is dedicated to the memory of B.S. Likhachev, a talented scientist and teacher who has trained generations of young scientists who have dedicated themselves to Russian science. The article presents the stages of his life and career, as well as his development as a*

prominent scientist in the fields of breeding, seed production, and seed science. The article highlights his contributions to the development of field crop seed science, the breeding and seed production of lupine, and the organization and technologies of field fodder production. His scientific legacy includes more than 200 publications, 10 copyright certificates, and 5 patents for yellow, narrow-leaved, and white lupine varieties, soy, as well as 2 inventions. He has established a scientific school and trained 32 PhDs and 11 doctors.

Keywords: scientist, teacher, breeder, lupine, seed growth strength.

Борис Степанович Лихачев родился 28 января 1946 г. в г. Ордынке Новосибирской области в крестьянской семье. Свою трудовую деятельность Борис Степанович начал в 1962 г. рабочим Сибирского ботанического сада г. Томска.

В 1964 г. Борис Степанович поступает на заочное отделение биолого-почвенного факультета Томского государственного университета, продолжая работать лаборантом Ботанического сада. Работа в Ботаническом саду под руководством профессора Николая Васильевича Прикладова (1915-1973) стала для Б.С. Лихачева началом в освоении научных исследований в области семеноведения сельскохозяйственных культур.

В 1966 г. Борис Степанович был откомандирован в Алтайский НИИСХ, а в 1967 г. переводится в Калининградский госуниверситет, где осуществляет педагогическую деятельность и продолжает работать над проблемами силы роста семян, их всхожести и продуктивности зерновых культур.

В 1971 г. поступает в очную аспирантуру ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР), где работает над изучением силы роста семян. Работа выполнялась в отделе семеноведения и семеноводства ВИР под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Николая Григорьевича Хорошайлова.

В 1973 г. успешно защищает кандидатскую диссертацию по теме: «Изучение силы роста как основного фактора жизнеспособности семян» с присвоением ученой степени кандидата биологических наук по специальности «Физиология растений».

В 1974 г. направляется на Кубанскую опытную станцию ВИР, на которой курировал строительство государственного хранилища мировой коллекции семян, его оснащение научным оборудованием и ввод в эксплуатацию. Руководил закладкой коллекционных образцов семян на длительное хранение и научными исследованиями по биологии старения семян. Эта его деятельность прерывалась педагогической работой в качестве доцента Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства (1977-1987). За особые достижения в области преподавательской деятельности, научные разработки в 1980 г. Лихачеву Б.С. присуждается звание доцента. Исследования по изучению силы роста семян были обобщены в его докторской диссертации «Сила роста семян (теория, методы, значение)». Разработанный морфофизиологический метод изучения силы роста семян был введен в практику семенного контроля (ГОСТ 12038-66).

В 1988 г. он переходит на работу во вновь организованный ВНИИ люпина, где вскоре (1989) становится заместителем директора по научной работе, а затем еще и руководителем российского селекцентра по люпину, одновременно возглавляя лабораторию семеноведения и первичного семеноводства до 1997 г.

В своих работах Борис Степанович применил концепцию Н.И. Вавилова об экологической селекции и реализовал её в адаптивном подходе в селекции люпина. Успешное применение данного подхода позволило достичь высоких результатов. Так, под руководством Лихачева Б.С. и при непосредственном его участии за эти годы были созданы 9 сортов люпина разных направлений хозяйственного использования.

В Брянской государственной сельскохозяйственной академии Лихачев Б.С. работает с 1989 г., вначале профессором кафедры растениеводства по совместительству, а в 1997 г. возглавляет вновь организованную кафедру кормопроизводства, селекции и семеноводства. Одновременно им была организована Агроэкологическая учебно-опытная станция БГСХА, директором которой он был в 1998-2000 гг. В академии он читал разработанные им курсы

Научные интересы Бориса Степановича включали проблемы интродукции и сохранения мирового генофонда растений, селекции и семеноводства, физиологии, семеноведения полевых культур, технологии их возделывания, полевого кормопроизводства. В 1995 году Лихачев Б.С. был избран академиком Российской экологической академии, в 1996 г. – академиком Российской академии естественных наук.

В серии работ по семеноведению Лихачевым Б.С. обосновываются новые представления о жизнеспособности семян как самой емкой и сложной категории семеноведения, вводится новое ее понятие, предлагается ее структура. Им предложено новое определение понятия силы роста семян, разработан морфофизиологический метод ее определения, выявлена его информативность, установлены критерии кондиционности семян по силе их роста. Эти работы были востребованы сельскохозяйственным производством. Разработанный им метод был включен в «Агрономические тетради...» и в учебник «Семеноведение полевых культур». Особое место в этой серии занимают работы по биологии старения семян, моделированию этого процесса. Они имели и имеют значение при организации длительного хранения семян как наиболее рационального способа сохранения мирового генофонда зародышевой плазмы.

Другая серия его работ посвящена совершенствованию селекционного процесса и результатам практической селекции люпина. В них обосновываются приоритетные направления селекции, среди которых наиболее ценны предложения по развитию концепции Н.И. Вавилова об экологической селекции и ее реализации на примере адаптивного подхода в селекции люпина. Результативность этих работ достаточно высока, под руководством профессора Б.С. Лихачева и при его непосредственном участии создано 9 сортов люпина разных направлений хозяйственного использования, что обеспечивает возрождение и развитие российского люпиносеяния.

Третья серия работ охватывает вопросы организации семеноводства в неординарных условиях перехода к рыночной экономике, совершенствования схем и методов первичного семеноводства и технологии производства высококачественных семян. Разработанные им, утвержденные и изданные Россельхозакадемией «Методические указания по первичному семеноводству люпина» применимы и для других зернобобовых культур.

Четвертая серия его работ посвящена вопросам организации и технологиям полевого кормопроизводства. Им разработан и под его руководством выполнялся научно-технический проект «Разработать научные основы оптимизации систем полевого кормопроизводства для юго-западного региона Центральной России», включающего агроэкологическое обоснование интродукции в регион новых и малораспространенных кормовых культур, их селекцию и первичное семеноводство, разработку разнвариантных технологий возделывания (особенно конструирование гетерогенных агрофитоценозов), принципы адаптации системы полевого кормопроизводства в агроландшафт и социально-экономическую сферу.

Научные работы проф. Лихачева Б.С. характеризуют актуальность, оригинальность постановки задач, системный подход к их решению, методическая выдержанность, обоснованность заключений и практических рекомендаций, хороший литературный стиль.

Борисом Степановичем создана научная школа - он подготовил 32 кандидата наук и 11 докторов. Он активно участвовал не только в подготовке, но и в аттестации научно-педагогических работников – был одним из инициаторов создания в БГСХА диссертационного совета и несколько лет являлся заместителем его председателя. Более 15 лет являлся членом докторского диссертационного совета в Брянской инженерно-технологической академии, а также в Смоленской ГСХА. Неоднократно выступал официальным оппонентом по докторским и кандидатским диссертациям по селекции и семеноводству сельскохозяйственных культур. Его заслуги в подготовке высококвалифицированных специалистов и научных работников для АПК Российской Федерации поистине огромны.

Борис Степанович являлся действительным членом технического комитета ISTA (Международной ассоциации по испытанию семян) и Международного союза по семеноводству кормовых культур. Ученому неоднократно предлагали работу за границей в нескольких странах, но он до конца остался предан России. Указом Президента РФ 22 сентября 2006 года ему присвоено почетное звание Заслуженный деятель науки Российской Федерации.

Борис Степанович ушел из жизни рано – 23 февраля 2013 г., после тяжелой болезни. Его научное наследие насчитывает более 200 публикаций, 10 авторских свидетельств и 5 патентов на сорта люпина жёлтого, узколистного и белого, сои, а также на 2 изобретения.

Он награждён Почётными грамотами Брянской областной Думы, Губернатора Брянской области, Российской академии сельскохозяйственных наук, Министерства сельского хозяйства РФ, медалью им. В.И. Вернадского.

Борис Степанович стал для нас, и многих других своих учеников и последователей, ярким примером настоящего ученого с неустанным творческим поиском, широчайшим кругозором, огромной энергией, принципиальностью, высоким профессионализмом и патриотизмом.