

ЗЕРНОБОВОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 4 (56), 2025 г.

Журнал СМИ основан в 2012 году.

Периодичность издания – 4 номера в год.

ISBN 9 785905 402036

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

Главный редактор

Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН

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

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

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

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук

Воронов Сергей Иванович, член-корр. РАН

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.

Фотоматериал Черненький В.А.

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

Реестровая запись СМИ

ПИ №ФС77-77939

от 19 февраля 2020 г.

Журнал включен ВАК при
Минобрнауки РФ в Перечень
рецензируемых научных изданий
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,
тиографии:
302502, Орловская область,
Орловский район, пос. Стрелецкий,
ул. Молодежная, д.10, корп.1
тел.:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbk@mail.ru
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 22.12.2025 г.

Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»

Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 4 (56), 2025

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. Parakin GAU, Orel; Dr. Sci. (Agric.).

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

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

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

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

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

Voronov, Sergei I. - FSBSI FRC «Nemchinovka», Director, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, 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.**

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

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

**Media registry record
ПИ №ФС77-77939
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 rajon, pos. Streleckij,
ul. Molodezhnaja, d.10, korp.1
phone:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbk@mail.ru
Site: <https://vniizbk.ru>

Date of publication: 22.12.2025

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

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	5
Бобков С.В., Селихова Т.Н. Накопление запасных белков в семенах гороха в зависимости от числа экспрессирующих генов	22
Задорин А.М., Соболева Г.В., Кононова М.Е., Белякова А.Е. Селекция засухоустойчивых сортов гороха посевного в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур	31
Гурьев Г.П. Эффективность применения на чечевице биопрепаратов, содержащих клубеньковые бактерии, в зависимости от погодных условий	37
Крылова М.Ф., Волобуева О.Г., Донская М.В., Лактионов Ю.В. Влияние инокулянтов и защитно-стимулирующего комплекса при обработке семян на особенности онтогенеза нута в условиях Центрального Нечерноземья	45
Донская М.В., Донской М.М., Костикова Н.О. Накопление биомассы и содержание золы в растениях нута и чины под влиянием микробиологических препаратов	52
Фадеев А.А., Иванова И.Ю. Адаптивные свойства сортов сои селекции Чувашского НИИСХ	60
Расулова В.А., Кириюхин С.В., Гуринович С.О. Оценка морфологических признаков коллекционных образцов сои и их взаимосвязь с хозяйственно важными показателями в условиях Орловской области	69
Фесенко И.Н., Фесенко Н.Н. Наследование формы семян, характерной для <i>Fagopyrum cymosum</i> , в скрещиваниях с <i>F. tataricum</i>	79
Климова Л.Р., Омельченко Д.О., Иматуллина Г.И., Логачева М.Д. Морфологический анализ фасциаций у гречихи (<i>Fagopyrum esculentum Moench</i>)	85
Сурков А.Ю., Суркова И.В. Влияние условий внешней среды на пораженность проса меланозом	98
Стебаков В.А., Мазалов В.И., Небытов В.Г. Влияние погодных условий на урожайность и показатели адаптивных свойств сортов ярового ячменя	105
Сидоренко В.С., Шевченко С.Н., Долженко Д.О., Бишарев А.А., Каликулина И.А., Гуськова А.Н., Наумкин Д.В., Старикова Ж.В. Особенности селекции голозёрного ярового ячменя	115
Никифорова И.Ю., Ганиева И.С., Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В. Качество белка зерна голозерных образцов ярового ячменя	126
Бельченко С.А., Милехина Н.В., Сазонова И.Д., Зайцева О.А. Эффективность применения комплексной химической защиты ярового ячменя в условиях Брянской области на серых лесных почвах	135
Вилюнов С.Д., Сидоренко В.С., Журавлёва Е.В., Степанова Н.А., Шапорова М.А. Оптические вегетационные индексы отражения как один из методов мониторинга и цифровизации селекционных посевов мягкой пшеницы	145
Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Чахеева Т.В. Устойчивость яровой твёрдой пшеницы к комплексу патогенов в Среднем Поволжье	159
Коваленко С.А., Фоменко М.А., Кадушкина В.П. Особенности проявления трансгрессивной изменчивости у яровой твердой пшеницы на Дону в условиях засух	169
Голова Т.Г., Чвилева И.Н. Перспективы селекции яровой твердой пшеницы в условиях Воронежской области	179
Фадеева И.Д., Курмакаев Ф.Ф., Тагиров А.Э., Хайруллина А.Р. Содержание аминокислот в белке сортов коллекционного питомника озимой пшеницы	187
Шпилев Н.С., Лебедько Л.В., Ториков В.Е. Корреляционная закономерность урожайности и содержания протеина у пшеницы, ржи и тритикале	195
Ращенко А.В., Ступаков А.Г., Муравьев А.А., Морозова Т.С., Кулишова И.В. Агрохимический фактор формирования урожая озимой пшеницы в условиях Центрального Черноземья	202
Штырхунов В.Д., Конончук В.В., Тимошенко С.М., Кирдин В.Ф., Войтович Н.Е., Щуклина О.А., Конорев П.М. Зерновая продуктивность бобово-злаковых смесей различного состава при использовании удобрений и биостимуляторов в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья	210
Кандиано Т.В., Кандров Р.Х., Суворов О.А., Хмелева Е.В., Хмелев И.А. Использование смеси цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки для производства мучных кондитерских изделий	
НОВИНКИ СЕЛЕКЦИИ	
Толкачева М.А. Перспективный сорт бобов кормовых Надежные	228
Пономарева С.В., Кодочилова Н.А. Окский – новый сорт гороха полевого	233

CONTENTS

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	5
Bobkov S.V., Selikhova T.N. Accumulation of storage proteins in pea seeds depending on the number of expressing genes	22
Zadorin A.M., Soboleva G.V., Kononova M.E., Belyakova A.E. Breeding of drought-resistant varieties of field peas at the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops	31
Gur'ev G.P. The effectiveness of using biopreparations containing nodule bacteria on lentils, depending on weather conditions	37
Krylova M.F., Volobueva O.G., Donskaya M.V., Laktionov Y.V. The effect of inoculants and a protective-stimulating complex during seed treatment on the features of chickpea ontogenesis in the conditions of the Central Non-Chernozem region	45
Donskaya M.V., Donskoi M.M., Kostikova N.O. Biomass accumulation and ash content in chickpea and lathyrus under the influence of microbiological preparations	52
Fadeev A. A., Ivanova I. Yu. Adaptive properties of soybean varieties of the Chuvash Research Institute of Agriculture	60
Rasulova V.A., Kiryukhin S.V., Gurinovich S.O. Assessment of morphological features of soybean collection samples and their relationship with economically important indicators in the conditions of the Orel region	69
Fesenko I.N., Fesenko N.N. Inheritance of the seed form characteristic of <i>Fagopyrum cymosum</i> in crosses with <i>F. tataricum</i>	79
Klimova L.R., Omelchenko D.O., Imatullina G.I., Logacheva M.D. Morphological analysis of fasciations in buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum Moench</i>)	85
Surkov A.Ju., Surkova I.V. The influence of environmental conditions on the lesion millet melanosis	98
Stebakov V.A., Mazalov V.I., Nebytov V.G. The influence of weather conditions on yields and adaptive properties of spring barley varieties	105
Sidorenko V.S., Shevchenko S.N., Dolzhenko D.O., Bisharev A.A., Kalyakulina I.A., Gus'kova A.N., Naumkin D.V., Starikova Zh.V. Features of breeding of naked spring barley	115
Nikiforova I.Y., Ganieva I.S., Lanochkina M.A., Malafeeva Yu.V. Grain protein quality of hull-less spring barley samples	126
Belchenko S.A., Milekhina N.V., Sazonova I.D., Zaitseva O.A. Application of complex chemical protection of spring barley in the Bryansk region on gray forest soils	135
Vilyunov S. D., Sidorenko V. S., Zhuravleva E. V., Stepanova N. A., Shaporova M. A. Optical vegetation reflection indices as one of the methods of monitoring and digitalization of breeding crops of soft wheat	145
Malchikov P.N., Myasnikova M.G., Chakheeva N.V. Resistance of spring durum wheat to a complex pathogens in the Middle Volga region	159
Kovalenko S.A., Fomenko M.A., Kadushkina V.P. Features of the manifestation of transgressive variability in spring hard wheat on the Don under drought conditions	169
Golova T.G., Chvileva I.N. Prospects for breeding spring durum wheat in the Voronezh region	179
Fadeeva I.D., Kurnakaev F.F., Tagirov A.E., Khairullina A.R. Amino acid content in the protein of winter wheat varieties from the collection nursery	187
Shpiley N.S., Lebedko L.V., Torikov V.E. Correlation regularity of yield and protein content in wheat, rye and triticale	195
Rashchenko A.V., Stupakov A.G., Murav'ev A.A., Morozova T.S., Kulishova I.V. Agrochemical factor of winter wheat yield formation in the Central Black Earth Region	202
Shtyrkhunov V.D., Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Kirdin V.F., Voitovich N.E., Shchuklina O.A., Konorev P.M. Grain productivity of legume-cereal mixtures of various composition with the use of fertilizers and biostimulants in the changing climate of the central Non-Black Earth Region	210
Candiano T.V., Kandrokov R.H., Suvorov O.A., Khmeleva E.V., Khmelev I.A. Use of a mixture of whole-grain wheat and sesame flour for the production of pastry goods	219
NOVELTIES OF BREEDING	
Tolkacheva M.A. A promising variety of fodder beans Nadezhnye	228
Ponomareva S.V., Kodochilova N.A. Oksky – a new variety of field peas	233

РАЗВИТИЕ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ ЗА 2021-2025 ГОДЫ

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

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

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

А.М. ЗАДОРИН, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-1498-0882,
E-mail: alex.zadorin@yandex.ru

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

Аннотация. В статье представлены результаты научных исследований и перспективные направления по селекции зернобобовых культур в научных учреждениях и других организациях при выполнении Государственных заданий, грантов, проектов и программ на 2021-2025 годы. Селекционными заданиями предусматривалось обеспечение комплексности в научных исследованиях и интеграция интеллектуальных ресурсов.

Ключевые слова: культура, сорт, селекция, испытание, горох, фасоль, чечевица, вика посевная яровая, кормовые бобы, нут.

Для цитирования: 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):5-21
DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-5-21

DEVELOPMENT OF PRIORITY AREAS OF SCIENTIFIC RESEARCH ON THE BREEDING OF GRAIN LEGUMES IN RUSSIA FOR 2021-2025

N.V. Gryadunova, V.I. Zotikov, V.A. Stebakov, A.M. Zadorin

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: The article presents the results and promising directions for the breeding of grain legumes in scientific institutions and other organizations in the implementation of the state program for 2021-2025. The breeding tasks envisaged ensuring comprehensiveness in scientific research and integration of intellectual resources.

Keywords: crop, variety, breeding, testing, peas, beans, lentils, spring vetch, fodder beans, chickpea.

Развитие инновационных процессов и научно-обоснованного технологического обновления сельскохозяйственного производства являются стратегическим направлением аграрной политики в России. Целенаправленная деятельность агропромышленного комплекса и его стабилизация в современных условиях не возможны без использования достижений науки. В увеличении производства продукции растениеводства создание и использование новых сортов и гибридов растений занимает центральное место и является важнейшей составной частью развития инновационных технологий. Определяя роль агротехнических факторов в повышении урожайности и качества продукции, по мнению многих российских учёных, вклад селекции в росте продуктивности за последние 30 лет оценивается в 30-40% и является наиболее эффективным способом при внедрении новых технологий возделывания (Лукьяненко П.П., 1983, Гужов Ю.Л., 2003, Жученко А.А., 2004). Новый сорт остаётся средством повышения урожайности и имеет тем большую ценность, чем на более высоком уровне в нём сочетаются самые важные биологические, хозяйствственные и технологические свойства, становится фактором, без которого невозможно

реализовать достижения науки и техники. Разработанные научные концепции селекционного процесса по различным сельскохозяйственным культурам направлены на создание растений нового типа, обладающих комплексом признаков: стабильной урожайностью и высоким качеством продукции, устойчивостью или толерантностью к засухе, низким температурам, наиболее агрессивным патогенам и вредителям, низкому агрофону. Создание и внедрение таких сортов может использоваться при решении задач ресурсосбережения и охраны окружающей среды от разрушения и загрязнения, будет способствовать получению экологически чистой продукции. При создании нового сорта с высоким генетически обусловленным потенциалом продуктивности большое внимание уделяется его пластичности, чтобы сорт в короткие сроки после внесения его в Государственный реестр селекционных достижений занял значительные площади в России.

Селекция и семеноводство – основа сельскохозяйственного производства. От развития этого направления, в определённой мере, зависит снижение объёмов импорта сельскохозяйственного сырья и обеспечение населения страны качественной продукцией собственного производства. Повышение конкурентоспособности российских селекционных достижений на мировом рынке позволяет ограничить использование сортов зарубежной селекции, не лишенных ГМО. Так, за последние пять лет (2021-2025) при широком использовании мирового генофонда, современных оригинальных методов селекции и семеноводства, в соответствии с Государственными программами, заданиями, грантами, проектами созданы новые высокоурожайные, высококачественные отечественные сорта зерновых, зернобобовых, крупяных, масличных и других сельскохозяйственных культур.

ЗЕРНОБОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ – составная часть структуры посевных площадей всего зернового комплекса России. Включение их в севообороты позволяет диверсифицировать систему земледелия, способствует сохранению плодородия почвы, получению экологически чистой продукции, они являются хорошими предшественниками для большинства культур севооборота. Обладая симбиотической азотфиксацией, зернобобовые культуры обогащают почву доступными формами азота и в зависимости от конкретного вида культуры и условий окружающей среды способность к биологическому связыванию азота у зернобобовых составляет от 50 до 200 кг на гектар в год. Они имеют важное продовольственное и кормовое значение, что делает их незаменимыми в любых природно-климатических условиях, при всех формах собственности [1]. Наиболее распространённые зернобобовые культуры – горох, нут, фасоль, вика, чечевица, кормовые бобы, чина. Их биологическое разнообразие обеспечивает широкое распространение по всей территории РФ. По использованию зернобобовые делят на 3 группы: универсальные (горох, нут), кормовые (вика, кормовые бобы), продовольственные (чечевица, фасоль) [2].

В последние годы отмечается положительная тенденция в расширении посевных площадей под зернобобовыми культурами, однако фактическое состояние развития их производства не отвечает требованиям рациональной организации зернового хозяйства с точки зрения создания необходимых ресурсов высокобелкового зерна.

Селекционным улучшением зернобобовых культур в России занимается более 50 научных центров и учреждений, организаций, входящих в систему РАН, Министерства науки и высшего образования РФ, Министерства сельского хозяйства РФ. При разработке и выполнении селекционных заданий отмечается комплексность в научных исследованиях, интеграция интеллектуальных ресурсов [3, 4]. Планы научных исследований направлены на совершенствование методов создания исходного селекционного материала, выведение новых сортов, сочетающих высокую экологическую пластичность, урожайность, технологичность возделывания и качество продукции. В качестве исходного селекционного материала селекционеры используют современные достижения как отечественной так и зарубежной селекции, коллекционные образцы ФИЦ ВИГРР имени Н.И. Вавилова, собственный селекционный генофонд, созданный в научных учреждениях.

Следует отметить, что современные сорта зернобобовых культур, допущенные к использованию на территории РФ, отличаются адаптивностью к различным почвенно-климатическим условиям, о чём свидетельствует широкий ареал их районирования.

Последовательное, ускоренное использование потенциальных возможностей новых сортов, улучшение организации их семеноводства, дальнейшее совершенствование зональных технологий и технологических приёмов, будет способствовать повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Используя современные принципы и методы селекции, научными учреждениями и организациями, коммерческими структурами в России за период с 2021 по 2025 годы созданы и переданы на государственное сортоиспытание более 110 новых сортов зернобобовых культур, из них 67 гороха, 5 фасоли, 17 нута, 3 вики посевной яровой, 12 бобов кормовых, 12 чечевицы. За этот период принято на государственное сортоиспытание 14 сортов зарубежной селекции, в том числе гороха 7, бобы кормовые 5, нут 1 (табл. 1). Авторами селекционных учреждений, в основном, являются государственные научные центры и учреждения, но в тоже время заметно активизировалась селекционная работа в Обществах с ограниченной ответственностью. Так, из общего количества созданных сортов ими передано на государственное сортоиспытание более 35 сортов гороха, кормовых бобов, нута (табл. 1, 3).

Заявителями и оригиналаторами новых сортов зернобобовых культур являются ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова ФИЦ «Немчиновка», Самарский ФИЦ РАН, Омский АНЦ, Алтайский НЦ агробиотехнологий, ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева, ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, Уфимский ФИЦ РАН, Ростовский ФАНЦ, Казанский НЦ РАН, Тюменский ФИЦ РАН, Сибирский ФНЦ агробиотехнологий РАН, Уральский ФАНИЦ УО РАН, ФИЦ Красноярский НЦ РАН, АНЦ «Донской», РНИПТИ сорго и кукурузы, Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова, Омский ГАУ имени П.А. Столыпина, ООО «Консидс», Москва, ООО «Пластилин» и другие (табл. 1-4).

По результатам государственного сортоиспытания (2021-2025 гг.) в Государственный реестр селекционных достижений РФ внесены более 80 сортов зернобобовых культур отечественной и 9 (12,8%) – зарубежной селекции (Франция, Германия, Канада, Австрия). Следует отметить, что число иностранных сортов, рекомендуемых для использования в производство РФ несколько уменьшилось. Так, если в Государственном реестре селекционных достижений 2021 года из 168 сортов гороха – 33 были иностранные (19,6%), то в 2024 году из 190 сортов гороха – 29 иностранные или 15,2%. В перспективе достойная конкурентоспособность российских селекционных достижений на мировом рынке позволит ограничить использование зарубежных сортов. В новых отечественных сортах реализована высокая продуктивность, адаптивность к биотическим и абиотическим стрессам, высокое качество продукции, снижение энергозатрат на получение продукции растениеводства.

Из новых селекционных достижений на 2021-2025 годы рекомендованы к использованию в производство различных регионов следующие сорта: **горох** Эстафета, Столетник, Средневолжский 2, Тус, Ульяновский юбилейный, Виридис, Нарат, Салават, Триумф Сибири, Донец, Казачок, Ермак, Рыжик, Факел, Красноуфимский 20, Памяти Попова, Докучаевский; **фасоль** Самарская белая, Физкультурница, Купава, Льдинка; **нут** Горизонт, Донплазма, Дар Заволжья, Чернозём, Чёрный жемчуг; **вика яровая** Гармония, Ксения, Татьяна; **чечевица** Фламенко, Екатериновская, Чёрная жемчужина, Лира и многие другие.

В Государственный реестр селекционных достижений РФ внесены и сорта зарубежной селекции: **горох** – Остинато, Камелеон, Оркестра, Симбиоз, **нут** Футура, Капри, **чечевица** КДЦ Кермит, КДЦ Марбл, КДЦ Метеор (табл. 2, 4).

Активные творческие связи и научно-техническое сотрудничество научных учреждений и различного рода компаний способствует созданию пластичных, высокоурожайных, конкурентоспособных сортов. Так, практическим завершением совместной творческой работы за отчётный период являются следующие сорта: **горох** Карат 27 (ФНЦ ЗБК и ООО «РАТ», Краснодар), Монарх (ФНЦ ЗБК и ООО «КурскАгроактив»), Средневолжский 2 (Самарский НЦ РАН и Казанский НЦ РАН), Путник (ООО «Пластилин»

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
и Тюменский НЦ РАН), Камский (Урал ФАНИЦ РАН и Пермский ФИЦ УРО РАН); **фасоль** Сфера (ФНЦ ЗБК и ООО «Агросфера», Тула); **нугт** Донплазма (Ростовский ФАНЦ и ООО НПФ «Селекционер Дона»).

СЕЛЕКЦИЯ ГОРОХА

Россия занимает второе место в мире после Канады по производству гороха на зерновые цели, на её долю приходится 10-20% мирового производства [1]. По данным Росстата площадь посева гороха за последние 10 лет ежегодно увеличивается в среднем на 10%. Площадь выращивания гороха в стране в 2024 году достигла рекордной отметки за всю историю возделывания – 2309,5 тыс.га. и по отношению к 2023 году увеличилась на 15,9% (на 316,1 тыс.га.). Расширению площадей во многом способствовало повышение спроса на российский горох на мировых рынках, благоприятная ценовая конъюнктура. В то же время, несмотря на рекордные размеры площадей, сборы гороха в 2024 году заметно сократились – на 10,3% (908,6 тыс.тонн) до 3808,7 тыс. тонн. Это обусловлено относительно неблагоприятными природно-климатическими факторами, в результате чего урожайность снизилась по отношению к 2023 году на 27,0% (до 17,6 ц/га).

В селекции гороха внимание селекционеров сосредоточено на создании разноплановых, взаимодополняющих, стрессоустойчивых сортов, эффективно использующих агроклиматический потенциал различных природных зон России. Большое внимание уделяется созданию универсальных сортов многоцелевого использования – для продовольственных целей, кормового назначения, технических целей. К тому же, горох характеризуется не только высокой пищевой и кормовой ценностью, но и способствует конверсии других низкобелковых кормов, что особенно ценно в животноводстве. Важно отметить и тот факт, что горох является составной частью формирования современного эколого-экономического ведения сельского хозяйства – органического земледелия, направленного на получение высококачественной конкурентоспособной продукции.

В последние двадцать лет селекционеры достигли больших успехов в создании новых, короткостебельных, более технологичных, пригодных к машинным технологиям сортов гороха. Многие из них имеют невысокий стебель с хорошо развитыми усиками вместо листочек, неосыпающиеся семена. Усики, сцепляясь, образуют устойчивый к полеганию стеблестой, а развитые прилистники обеспечивают достаточную фотосинтезирующую поверхность. Более 85% сортов гороха, внесённых в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию 2025 года, имеют признаки – усатый тип листа, неосыпающиеся семена, детерминантный тип роста стебля, а сорта Батрак (ФНЦ ЗБК, 1999), Флагман 9 (Самарский ФИЦ РАН, 2003), Алтайский усатый (Алтайский ФНЦ агробиотехнологий, 2012), Метеор (Уральский ФАНИЦ УРО РАН, 2024) сочетают все эти три признака. Следует отметить, что «гороховая революция», произошедшая в странах Западной Европы (Франция, Германия, Великобритания, Дания) за последние двадцать лет, выразившаяся в резком возрастании площадей под зерновым горохом, в большей степени связана с использованием признаков детерминантного типа роста и безлисточковости (усатости).

Перспективными направлениями в селекции гороха является создание оригинальной генерофильтной формы хамелеон, характеризующейся ярусной разнокачественностью листьев и новой формы – люпиноид. Впервые эти формы обнаружены в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур селекционерами доктором сельскохозяйственных наук, Заслуженным работником сельского хозяйства РФ А.Н. Зеленовым (1989) и кандидатом сельскохозяйственных наук, Заслуженным агрономом РФ В.Н. Уваровым (1993). Сорта усатолисточкового морфотипа хамелеон способны занимать широкие ареалы распространения и формировать при этом высокую семенную продуктивность, сохраняя повышенную устойчивость к полеганию (А.М. Задорин, М.Е. Конова, 2023). Практическая ценность морфотипа хамелеон состоит в том, что растения обладают повышенным биологическим потенциалом и высокими физиологическими показателями продукционного процесса (А.Н. Зеленов, А.М. Задорин, И.В. Кондыков, 2006, И.В. Кондыков, 2006).

Первые сорта морфотипа хамелеон Спартак (2009), Ягуар (2020) селекции ФНЦ ЗБК по результатам государственного испытания внесены в Госреестр селекционных достижений. Проходит государственное испытание с 2024 года новый сорт гороха морфотипа хамелеон Уральский 90 селекции Красноуфимского селекционного центра Уральского НИИСХ (табл. 1). В селекционной проработке находятся перспективные линии данного морфотипа, созданные в Уральском, Татарском, Нижегородском НИИСХ, ВНИИСС им. Л.М. Мазлумова, Донском научном центре.

У формы люпиноида репродуктивные органы собраны в верхней части растения в виде кисти, как у люпина (Уваров В.Н., 1999). Селекционная ценность этой новой формы заключается в комбинации высокого потенциала продуктивности и сжатого репродуктивного периода.

При создании системы сортов, предназначенных для различного использования, большое внимание уделяется их технологичности, способности максимальной реализации потенциала продуктивности.

Перспективные направления в селекции гороха – повышение адаптивных свойств культуры, создание различных морфотипов, сортов раннеспелых, с неосыпающимися семенами, усатым типом листа, детерминантным типом роста стебля, ярусной разнокачественностью листьев, высокой экологической пластичностью. Все эти структурные признаки в конечном итоге повышают технологичность культуры.

При выполнении селекционных заданий учреждениями и организациями созданы и переданы на Государственное сортоиспытание за 2021-2025 годы 67 новых сортов полевого и посевного гороха, из них 60 – отечественной и 7 зарубежной селекции (табл. 1).

Таблица 1

Сорта гороха, переданные на государственное сортоиспытание в 2021-2025 гг.

№ п/п	Сорт	Учреждение- оригиналор	Год передачи	Внесён в Госреестр
ГОРОХ ПОЛЕВОЙ				
1.	Окский	ФГБУН ФАНЦ Северо- Востока им. Н.В. Рудницкого	2021	2024
2.	Хуторок	ООО НПК «Серый хлеб Урала», Челябинский НИИСХ	2021	2025
ГОРОХ ПОСЕВНОЙ				
1.	Егорыч	ФГБУН ФИЦ Самарский НЦ РАН	2021	2025
2.	Купидон	ФГБНУ ФИЦ Казанский НЦ РАН	2021	2025
3.	Казак	ФГБНУ ФНЦ Донской АНЦ	2021	2025
4.	Чарыш	ФГБНУ Алтайский ФНЦ агробиотехнологий	2021	2025
5.	Метеор	Уральский ФАНИЦ УРО РАН	2021	2024
6.	Скиф	ФГБНУ ФНЦ Донской АНЦ	2021	2024
7.	Средневолжский 2	ФГБНУ ФИЦ Казанский НЦ РАН	2021	2024
8.	Казачок	ФГБНУ Ростовский ФРАНЦ	2021	2024
9.	Докучаевский	ФГБНУ Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева	2021	2024
10.	Фаворит	Агрокомплекс «Кургансемена»	2021	2024
11.	Столетник	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2021	2024
12.	Немо	Франция	2021	
13.	Камелеон	Франция	2021	
14.	Мефисто	Франция	2021	
15.	Протин	Австрия	2021	

16.	Айконик	Германия	2022	
17.	Казек	Франция	2022	
18.	Щедрый	ФГБУН ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН	2022	
19.	Бонус 2	ФГБНУ Омский АНЦ	2022	2025
20.	Киразли	ООО БДА «Капитал», Москва	2022	
21.	Малахит	ФГБНУ Уральский ФАНЦ УРО РАН	2022	2025
22.	Абажур	ФГБУН ФИЦ Самарский НЦ РАН	2022	
23.	Изумрудный 22	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2022	
24.	Карандаш	ФГБУН ФИЦ Самарский НЦ РАН	2022	2025
25.	СМ 3	ООО «Арекет Рус», Краснодар,	2022	
26.	Флоридор	ООО «Арекет Рус», Краснодар, ООО «АгроМакс», Ростов	2022	
27.	Веркенд	ООО «Арекет Рус», Краснодар, ООО «АгроМакс», Ростов	2022	
28.	Антей	ФГБНУ Алтайский ФНЦ агробиотехнологий	2022	2025
29.	Рыжик	ФГБУН ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН	2022	2024
30.	Симбиоз	Франция	2022	2024
31.	Маккензи	ООО «Консидс», Москва	2022	
32.	Эдвард	ООО «Консидс», Москва	2022	
33.	Эмерсон	ООО «Консидс», Москва	2022	
34.	Памяти Валько	ФГБНУ ФИЦ Красноярский НЦ СО РАН	2023	
35.	Булат	ФГБУН ФИЦ Самарский НЦ РАН	2023	
36.	Ермак	ФГБУН ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН	2023	
37.	Уральский 90	ФГБНУ «Уральский ФАНИЦ УО РАН	2023	
38.	Фаленский кормовой	ФГБУН ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого	2023	
39.	Наир	ФГБНУ Воронежский ФАНЦ им. В.В.Докучаева	2023	
40.	Верде	ООО «РАТ», Краснодар	2023	
41.	П1	ООО «Пластилин», Москва	2023	
42.	П2	ООО «Пластилин», Москва	2023	
43.	П3	ООО «Пластилин», Москва	2023	
44.	Путник	ООО «Пластилин», Москва, ФГБУН ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН	2023	
45.	Акбузат	ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ	2023	
46.	АКМ	ФГБНУ ФНЦ Донской АНЦ	2023	
47.	Акцент	ИП Картамышева Е.В., Москва	2023	
48.	Галс	ООО «Агролига Семена», Москва	2023	
49.	Ерошка	ФГБНУ Сибирский ФНЦ агробиотехнологий, Новосибирск	2023	

50.	Кормовой 23	ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН	2023 «Павловск	
51.	Корнет	ФГБНУ Ростовский ФРАНЦ	2023	
52.	Купидон	ФГБУН ФИЦ Казанский НЦ РАН	2023	
53.	ПНГ 1	ЗАО «Агрофирма Павловская Нива», Воронеж	2023	
54.	ПНГ 9	ЗАО «Агрофирма Павловская Нива», Воронеж	2023	
55.	Добрый	ФГБУН ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН	2024	
56.	Демос 2	ФГБНУ Омский АНЦ	2024	
57.	Тулпар	ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ	2024	
58.	Камский	ФГБНУ Уральский ФАНИЦ УО РАН, ФГБНУ Пермский ФИЦ УРО РАН	2024	
59.	Ямбург	ООО «Семенная лига», Тюмень, ООО «Русагронова Семена», Москва	2024	
60.	Карат 27	ФГБНУ ФНЦ ЗБК, ООО «РАТ», Краснодар	2024	
61.	Монарх	ФГБНУ ФНЦ ЗБК, ООО «Курскагроактив»	2024	
62.	Зерноградский усатый	ФГБНУ ФНЦ Донской АНЦ	2024	
63.	Красноярский 20	ФГБНУ ФИЦ Красноярский НЦ СО РАН	2024	
64.	Таловец 90	ФГБНУ Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева	2024	
65.	Локи	ООО «РАТ», Краснодар	2024	

В последние годы отмечено новое направление – селекция на создание сортов с зеленой окраской семян. Такое зерно гороха обладает сбалансированным составом витаминов группы В, множеством полезных веществ: пищевые жиры, натуральные сахара, витамины группы В способствуют предотвращению явлений атеросклероза. Сочетание белково-углеводного комплекса, биологически активных и минеральных веществ, делают зеленый горох ценным диетическим продуктом питания и источником пищевого белка в вегетарианской кухне. Так, в результате селекционной работы в Ульяновском НИИСХ – филиал Самарского НЦ РАН был создан и с 2023 года внесён в Госреестр селекционных достижений новый сорт гороха посевного Виридис с зеленой окраской семян в зрелом виде, характеризующийся высокой технологичностью – невысокий стебель, усатый лист, нерастескиваемость бобов, устойчивость к заморозкам, высокое содержание белка – до 25,1%, устойчивость к полеганию и осыпанию [5, 6]. Сорт может быть использован как на продовольственные цели, так и для создания отечественных сортов гороха с похожими свойствами, в качестве исходного материала. В ФНЦ зернобобовых и крупяных культур создан и в 2022 году передан на государственное сортоиспытание сорт гороха с зелёной окраской семян Изумрудный 22. По результатам государственного испытания с 2025 года внесён в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Волго-Вятскому региону новый сорт гороха с зелёной окраской семян Малахит селекции Красноуфимского селекционного центра.

Прогресс в селекции гороха связан с повышением реальной продуктивности за счет совершенствования морфотипа растений, кардинальной перестройки архитектоники листового аппарата, видоизменения в целом габитуса растений, что позволило создать сорта с высоким потенциалом урожайности.

По результатам государственного сортоиспытания с 2021 по 2025 годы в Госреестр селекционных достижений РФ внесены 41 сорт гороха, в том числе 5 зарубежной селекции (табл. 2).

Таблица 2

Сорта гороха, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2021-2025 гг.

п/п	Культура, сорт	Год допускака	Регион	Оригинатор	Признаки
ГОРОХ					
1.	Эстафета	2021	3	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Среднеспелый, усатый лист
2.	Тус	2021	3,4,5,7	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН	Среднеспелый, усатый лист
3.	Триумф Сибири	2021	10,11	ФГБНУ Омский АНЦ	Неосыпающийся, усатый лист
4.	Синбир	2021	4,5,7	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН	Неосыпающийся, усатый лист
5.	Факел	2021	4	ФГБНУ Уральский ФАНИЦ УО РАН	Усатый лист, среднеспелый
6.	Остинато	2021	3,5,10	Германия	Усатый лист, позднеспелый
7.	Камелеон	2021	5	Франция	Усатый лист, среднеспелый
8.	КМ11БК22	2021	5	Франция	Усатый лист, среднеспелый
9.	Оркестра	2022	5,10	Германия	Усатый лист, среднепоздний
10.	Рыжик	2022	4,9, 10,11	ФГБУН ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН	Неосыпающийся, усатый лист, среднеспелый
11.	Приоритет	2022	8	ООО «Агромакс», Зерноград	Усатый лист, среднеспелый
12.	Памяти Попова	2022	4,7,9	ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН	Усатый лист, среднеспелый
13.	Нарат	2022	3,5,7,9,10	ФГБНУ ФИЦ Казанский НЦ РАН	Усатый лист, среднеспелый
14.	Донец	2022	3,4,5,6,10	ФГБНУ Ростовский ФАНИЦ РАН	Усатый лист, среднеспелый
15.	Цезарь	2023	7	ООО Ставропольская СОС	Усатый лист, среднеспелый
16.	Ульяновский юбилейный	2023	3,9	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН	Усатый лист, неосыпающийся
17.	Салават	2023	3,4,7,9	ФГБНУ ФИЦ Казанский НЦ РАН	Усатый лист, среднеспелый
18.	Красноуфимский 20	2023	4,6,9, 10	ФГБНУ Уральский ФАНИЦ УО РАН	Усатый лист, неосыпающийся
19.	Ермак	2023	11,12	ФГБНУ ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН	Усатый лист, среднеспелый неосыпающийся
20.	Симбиоз	2023	6	Франция	Усатый лист, среднеспелый

21.	Виридис	2023	9	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН	Зелёная окраска семян, усатый лист
22.	Вятыч (полевой)	2023	4	ФГБУН ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого	Усатый лист, неос. семена
23.	Берисей	2023	4,7,9	ООО Агрокомплекс «Кургансемена»	Усатый лист, среднеспелый
24.	Тулунский 202	2023	11	ФГБНУ Иркутский НИИСХ	Усатый лист, неосыпающийся
25.	Докучаевский	2024	5,6	ФГБНУ Воронежский ФАНЦ имени В.В. Локучаева	Усатый лист, раннеспелый
26.	Казачок	2024	3-7,9	ФГБНУ Ростовский ФАНЦ РАН	Усатый лист, среднеспелый, ценный
27.	КС Фаворит	2024	4,9,10	ООО Агрокомплекс «Кургансемена»	Усатый лист, среднеспелый
28.	Метеор	2024	4,9	ФГБНУ Уральский ФАНИЦ УО РАН	Усатый лист, неосыпающийся, детерминантный
29.	Скиф	2024	6	ФГБНУ АНЦ Донской	Усатый лист, неосыпающийся
30.	Окский (полевой)	2024	4	ФГБУН ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого	Усатый лист, позднеспелый
31.	Вятыч (полевой)	2023	4	ФГБУН ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого	Усатый лист, неосыпающийся
32.	Средневолжский 2	2024	4,5,7	ФГБУН Самарский НЦ РАН, ФГБНУ Казанский НЦ РАН	Усатый лист, раннеспелый
33.	Столетник	2024	5,6	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Среднеспелый
34.	Антей	2025	10	ФГБНУ Алтайский ФНЦ агробиотехнологий	Усатый лист, среднеспелый
35.	Бонус 2	2025	9,10,11	ФГБНУ Омский АНЦ	Усатый лист, среднеспелый
36.	Егорыч	2025	4,7	ФГБУН Самарский НЦ РАН	Усатый лист, среднеспелый
37.	Казак	2025	5,6	ФГБНУ АНЦ Донской	Усатый лист, среднеспелый
38.	Карандаш	2025	3,5,9	ФГБУН Самарский НЦ РАН	Усатый лист
39.	Малахит	2025	4	ФГБНУ Уральский УО ФАНЦ РАН	Зеленые семена, усатый лист
40.	Чарыш	2025	10	ФГБНУ Алтайский ФИЦ агробиотехнологий	Усатый лист, среднеспелый
41.	Хуторок (полевой)	2025	4	ООО НПК «Серый хлеб Урала», Челябинский НИИСХ	Усатый лист, неосыпающийся

Новизна, приоритетность и хозяйственная ценность созданных селекционных достижений подтверждается авторскими свидетельствами и патентами.

ЧЕЧЕВИЦА – ценная продовольственная культура, которая составляла основу питания многих доисторических цивилизаций. Белки чечевицы легко усваиваются организмом человека. Биохимический состав зерна позволяет использовать чечевицу как в повседневном рационе, так и в лечебном, детском и вегетарианском питании. В состав белка чечевицы входят почти все незаменимые аминокислоты (например, лецитин), а также витамины группы В. Блюда из чечевицы служат поставщиками основных витаминов и минералов, которые полностью усваиваются. По содержанию железа, например, ей нет равных. Чечевица имеет еще одно очень ценное свойство – она не накапливает в себе никаких вредных или токсичных элементов (нитратов, радионуклидов и пр.). Благодаря этому, чечевица, выращенная в любой точке земного шара, может считаться экологически чистым продуктом. Высокие потребительские качества ее зерна – важнейшее достоинство чечевицы. Кроме того, зеленая масса, мякина, солома чечевицы хороший корм для животных. Чечевица обогащает почву азотом, углеродом и органическими веществами.

Учитывая важную роль её в обеспечении населения ценным растительным белком и высокий экспортный потенциал отечественные селекционеры в последнее десятилетие уделяют большое внимание созданию сортов с комплексом положительных свойств и качеств. Важными селекционными признаками являются высокая и стабильная продуктивность, засухоустойчивость, технологичность.

В настоящее время чечевица – одна из наиболее распространенных зернобобовых культур в мире и выращивается более, чем в 50 странах. Россия, являясь крупнейшим производителем и экспортером чечевицы вплоть до 40-х годов, обладая в полной мере необходимым для культуры почвенно-климатическим потенциалом, в настоящее время утратила свои позиции и уступает мировому лидеру – Канаде. Кроме того, основными производителями чечевицы являются Индия, Турция.

Поэтому, возрождение культуры чечевицы в России является приоритетным направлением отечественного растениеводства. Ведущую роль в увеличении производства чечевицы принадлежит созданию и внедрению новых сортов. К числу главных недостатков большинства существующих сортов относится низкая нестабильная урожайность и недостаточная технологичность. Это обусловлено такими биологическими особенностями растений культуры, как тонкостебельность, сильная ветвистость и связанная с ними полегаемость, низкое прикрепление первых бобов, слабая конкурентоспособность по отношению к сорной растительности, низкая толерантность к гербицидам, неравномерное созревание, растрескивание бобов и осыпание семян, низкая устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам. Всё это и определяет выбор основных векторов селекции чечевицы, направленных на создание сортов нового поколения, максимально соответствующих запросам современного сельскохозяйственного производства. Поэтому, главным направлением в селекции чечевицы является создание сортов с высокой семенной продуктивностью, крупными светлыми не буреющими при варке и длительном хранении семенами, красносемянными, с высоким содержанием белка, равномерным созреванием, устойчивых к растрескиванию бобов и осыпанию семян.

Важным критерием рыночной ценности чечевицы является товарный вид зерна. Наиболее традиционным рыночным продуктом является крупносемянная зеленая чечевица, однако в последнее время увеличивается спрос на красносемянную чечевицу, пищевые продукты из которой обладают приятным ароматом и нежной текстурой, используются как заменитель мяса.

Наиболее распространенным методом создания нового исходного селекционного материала является гибридизация между различными сортами и подвидами, простые и сложные скрещивания с использованием форм, обладающих хозяйственными ценными признаками. Отдаленная гибридизация между различными таксонами рода *Lens* позволяет расширить спектр генетической изменчивости и создает возможности для получения совершенно новых форм с широкой экологической пластичностью и комплексом ценных

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. – признаков, которые невозможно получить при межсортовой гибридизации. В расширении генотипического разнообразия чечевицы большая роль отводится мутагенезу.

В учреждениях сформированы признаковые коллекции, включающие образцы различных эколого-географических групп, проводится ежегодно изучение их по важнейшим качественным и количественным признакам, выделяются генетические источники и доноры хозяйствственно ценных признаков и свойств.

В селекции чечевицы получены определенные успехи. В научных учреждениях сформированы генетические коллекции из образцов, отличающихся по окраске семенной кожуры – от светло-жёлтой до коричневой, по окраске семядолей – жёлтые, красные. Так, в Пензенском НИИСХ создан новый высокоурожайный сорт чечевицы Невеста, который не имеет аналогов в мировой селекционной практике. Его семена отличаются устойчивой желто-белой окраской, не буреют при варке и длительном хранении. С 2017 года в Госреестр селекционных достижений РФ внесены новые сорта чечевицы селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур – Орловская краснозерная и Восточная (2017), Фламенко (2022), Жемчужина проходит государственное испытание с 2023 года. Всего за период с 2021 по 2025 гг. научными учреждениями и организациями созданы и переданы на государственное испытание 12 сортов чечевицы (табл. 3).

Внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию 10 новых сортов чечевицы, в том числе 3 сорта зарубежной селекции (Канада) – КДЦ МАРБЛ, КДЦ МЕТЕОР, КДЦ КЕРМИТ, рекомендуемые к использованию по Центрально-Чернозёмному, Северо-Кавказскому, Средневолжскому, Нижневолжскому и Уральскому регионам РФ.

ФАСОЛЬ широко известна и популярна на всех континентах земного шара. Эта культура играет важную роль в ликвидации дефицита полноценного белка в питании человека. В белке семян фасоли содержатся все необходимые для организма человека незаменимые аминокислоты, по переваримости он превосходит белок гороха и чечевицы и приближается по этому показателю к белку мяса и рыбы, а по количеству витаминов В1, В2, РР, С превосходит последние. Кроме того, фасоль используется как лекарственное растение. Из нее готовят препараты для лечения болезней крови. В народной медицине используют отвар семян, как мочегонное средство. Створки бобов употребляются при диабете и как антибиотик. Фасоль, как и другие бобовые культуры, способна обогащать почву азотом и поэтому является хорошим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур. В последние годы интерес к этой культуре постоянно растет из-за начавшегося процесса восстановления старых и строительства новых перерабатывающих предприятий, которым требуется в качестве сырья, как зеленая лопатка, так и зерно фасоли. Одной из основных причин слабого внедрения фасоли в производство является отсутствие пригодных к индустриальной технологии возделывания сортов, низкая их устойчивость к экстремальным климатическим условиям, болезни. Посевы ее во всех категориях хозяйств страны занимают около 0,02% от площади возделывания в мире. Более 90% фасоли производится в личных подсобных хозяйствах. Наибольший вклад в производство фасоли в России вносит Северо-Кавказский федеральный округ, на втором месте Южный и на третьем Центральный федеральный округ.

За отчётный период учреждениями созданы 5 новых сорта фасоли – Сфера, Купава, Льдинка, Чернава, Омский рубин (табл. 3), включены в Госреестр селекционных достижений – Самарская белая, Физкультурница, Зебра, Купава, Льдинка, Омский рубин (табл. 4). В учреждениях создан перспективный исходный селекционный материал с широким спектром генотипической изменчивости, контрастный по морфологическим признакам: типу роста (кустовые, полуувядающиеся, кустовые с нутирующей верхушкой), форме листа, боба, семени, величине и окраске цветка, высоте прикрепления нижнего боба, продолжительности вегетационного периода.

НУТ – высокобелковая пищевая и кормовая зернобобовая культура, является диетическим продуктом питания, широко используется в хлебобулочной, кондитерской, мукомольно-крупяной промышленности, народной медицине. В животноводстве в качестве

высокобелкового концентрированного корма его применяют в составе кормосмесей. Нут включён в число стратегически важных и ценных зернобобовых культур, роль которых велика в устойчивом производстве продовольствия и здоровом питании. Преимущество нута, по сравнению с другими зернобобовыми культурами, и в том, что он более засухоустойчив, жаростойкий, технологичен, устойчив к вредителям и болезням. В связи с изменением климата в сторону потепления расширяется ареал возделывания нута. В группе зернобобовых культур его посевы занимают третью строку, уступая только сое и фасоли. Наибольшие площади нута занимает в Индии (8,4 млн. га), Пакистане (1 млн. га), Иране (433 тыс. га), Австралии (677 тыс. га). За последние десять лет резко возросли посевные площади и в России под нутом, что связано с увеличением спроса на его зерно на внутреннем и внешнем рынках. В связи с этим серьезное внимание уделяется селекционной работе по нуту. За 2021-2024 годы учреждениями и организациями переданы на государственное сортоиспытание 16 новых сортов нута (табл. 3). По результатам государственного сортоиспытания в Госреестр селекционных достижений РФ внесены 18 сортов (табл. 4).

ВИКА ПОСЕВНАЯ ЯРОВАЯ – одна из наиболее распространённых в производстве однолетних бобовых трав для хозяйственного использования: на зелёный корм, травяную муку, сено, зернофураж. Она является хорошим предшественником для других культур, благодаря её азотфиксацией способности и способности подавлять сорняки. Одним из основных показателей, определяющих питательную ценность вики яровой, является содержание сырого протеина. В зелёной массе в пересчёте на абсолютно сухое вещество содержится 16,0-26,0%, в семенах – 29,0-38,5% протеина. Она способна хорошо адаптироваться к различным почвенно-климатическим условиям, о чём свидетельствует ареал её широкого распространения.

К ценным признакам вики посевной относятся: многостороннее и разновременное использование, высокое качество вегетативной массы, урожайность в травосмеси до 10 тонн с гектара сухого вещества. Поэтому вика посевная яровая может иметь большое значение в кормовом балансе каждого хозяйства всех форм собственности, так как позволяет лучше обеспечить животных белковыми кормами.

Основная стратегия селекции вики посевной направлена на повышение потенциальной кормовой и семенной продуктивности и наиболее полное использование природных ресурсов новыми сортами. Задача селекции – создать адаптивные высокопродуктивные сорта нового поколения, обеспечивающие стабильные урожаи зеленой массы и семян за счет повышенной устойчивости к засухе, избыточному увлажнению, недостатку тепловой энергии, болезням. Селекция вики посевной основывается на методе внутривидовой гибридизации целенаправленно подобранных пар с выявлением трансгрессивных генотипов со значением хозяйствственно ценных признаков, выходящих за пределы родительских форм.

Основным направлением в селекции вики посевной яровой является создание скороспелых сортов укосного использования с повышенной семенной продуктивностью, устойчивых к наиболее распространенным болезням и растрескиванию бобов. Приоритетным направлением в селекции вики выделяется зернофуражное, т.е. создание сортов для использования зерна вики при приготовлении полноценных комбикормов. Они должны содержать повышенное количество сырого протеина при отсутствии или малом содержании антипитательных веществ – ингибиторов трипсина и цианогенных гликозидов, так как наличие этих веществ существенно ограничивает или полностью исключает использование вики в комбикормах без дополнительной технологической обработки. Исследованиями ФНЦ зернобобовых и крупяных культур и ФИЦ ВИК имени В.Р. Вильямса выявлено наличие гетерогенности этих признаков, что свидетельствует о возможности селекционным путем получать новые формы с минимальным содержанием антипитательных веществ. Разработаны методические вопросы оценки селекционного материала, подбора родительских пар и направления отбора по морфологическим, биологическим и химическим показателям. В результате реализации программы созданы и внедрены в сельскохозяйственное производство новые зернофуражные сорта. Новые сорта предназначены для возделывания в смешанных агрофитоценозах, в которых обеспечивается

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. – высокая сохранность и совместимость растений, которые взаимодополняют друг друга по важнейшим экологобиологическим и хозяйственно ценным признакам и свойствам. Некоторые сорта последних лет характеризуются коротким вегетационным периодом, высокой семенной продуктивностью, толерантностью к основным болезням и абиотическим стрессовым факторам.

В 2021-2024 гг. на государственное сортоиспытание переданы 3 новых сорта вики посевной яровой зерноукосного назначения – Московская 10, Московская 20, Славянка (табл. 3). По данным государственного сортоиспытания внесены в Госреестр селекционных достижений и допущены для использования в производстве 4 сорта вики посевной яровой – Гармония, Ксения, Татьяна, Тулунский уголёк (табл. 4).

Таблица 3

Сорта зернобобовых культур, переданные на ГСИ в 2021-2025 гг.

№ п/п	Культура, сорт	Оригинатор	Год передачи	Внесён в Госреестр
ФАСОЛЬ				
1.	Купава	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2021	2023
2.	Льдинка	ФГБОУ ВО Омский ГАУ имени П.А. Столыпина	2022	
3.	Омский рубин	ФГБОУ ВО Омский ГАУ имени П.А. Столыпина	2023	2025
4.	Сфера	ФГБНУ ФНЦ ЗБК, ООО «Агросфера», Тула	2024	
5.	Чернава	ООО ОВП «Покровское», Саратов	2025	
ЧЕЧЕВИЦА				
1.	Чёрная жемчужина	ООО ВП «Покровское», Саратов	2021	2024
2.	Жемчужина	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2022	
3.	Мечта	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	2022	2025
3.	ЭН Белуга	ГК «Эконива Семена», Воронеж	2022	2025
4.	Изюминка	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	2023	
6.	Сибирская	ФГБНУ Омский АНЦ	2023	
7.	ЭН Антарес	ООО «Эконива Семена», Воронеж	2023	
8.	ЭН Ригель	ООО «Эконива Семена», Воронеж	2023	
9.	Татьянка	Омский ГАУ имени П.А. Столыпина	2024	
10.	Агросфера	ООО «АгропромАгро», Курган	2924	
11.	Гарнет	ФГБНУ Омский АНЦ	2025	
12.	АА Альбина	ООО «Активагро», Саратов	2025	
ВИКА ПОСЕВНАЯ ЯРОВАЯ				
1.	Московская 10	ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»	2022	
2.	Московская 20	ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»	2023	
3.	Славянка	ООО «Туламашагро»	2024	
НУТ				
1.	Чернозерн	ООО ОВП «Покровское», Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова	2021	2024
2.	Наука	ООО «Агроплазма», Краснодар	2021	2024
3.	Немезида	ООО «Агроплазма», Краснодар	2021	2024
4.	Рондо	Франция	2022	
5.	Чёрный жемчуг	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	2021	2024

6.	ЧИР	ООО «Казачье общество», Климовка, Ростов		
7.	Бараш	ИП Завгородний А.А.	2024	
8.	АА Юбияр	ООО «Активагро», Саратов	2024	
9.	АА Атлант	ООО «Активагро», Саратов	2024	2025
10.	София	ФГБНУ ФИЦ ВИГРР имени Н.И. Вавилова	2022	2025
11.	Тамерлан	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы	2022	2025
12.	Приво 11	Балашов А.В.	2024	2025
13.	ЭН Квант	ООО «Эконива», Курск	2023	
14.	ЭН ОРИОН	ООО «Активагро», Саратов	2023	
15.	Саман	ФГБУН Самарский НЦ РАН	2024	
16.	Саман 2	ФГБУН Самарский НЦ РАН	2024	
17.	Меркурий	ООО ОВП «Покровское»	2025	

БОБЫ КОРМОВЫЕ

1.	Транпит	Германия	2021	
2.	Эллисон	Германия	2021	
3.	Стелла	Германия	2021	
4.	Надежные	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2022	2025
5.	Футура	Германия	2022	2024
6.	Огонёк	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2023	
7.	Капри	Германия	2022	2024
8..	Татьяна	ООО «СК «Астра»	2024	
9.	ВИТБОБ	ООО ПЭСК «Трейдинг»	2024	
10.	СЕРБОБ	ООО ПЭСК «Трейдинг»	2024	
11.	Факел	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	2024	

БОБЫ КОРМОВЫЕ – ценнейшая сельскохозяйственная культура, используемая в кормовых и пищевых целях. Зелёная масса, сенная мука, силос из бобов богаты минеральными веществами, ферментами, витаминами А, С, группы В и другими. Семена содержат до 35% белка, который хорошо сбалансирован по аминокислотному составу и легко усваивается организмом животного и человека. Тем не менее, несмотря на все достоинства бобов, в отечественном земледелии они занимают незначительные площади. И основной недостаток кормовых бобов, сдерживающий рост посевных площадей под ними – нестабильность получаемых урожаев. Для увеличения производства зерна бобов кормовых важное значение наряду с совершенствованием агротехнических и организационных мероприятий, имеет создание сортов нового поколения, способных более полно использовать ресурсы среды и быть устойчивыми к комплексу абиотических стрессов. Нестабильность урожаев обусловлена высокой экологической чувствительностью бобов к изменениям почвенно-климатических условий выращивания.

За отчётный период созланы и переданы на государственное испытание 11 сортов бобов кормовых, из них – 5 иностранной селекции (Германия) (табл. 3). По результатам государственного сортиспытания сорта – Капри и Футура иностранной селекции (Германия) с 2023 года внесены в Госреестр селекционных достижений и допущены к использованию в Северном, Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском и Центрально-Чернозёмном регионах РФ, с 2025 года – бобы Надежные по Центрально-Чернозёмному региону селекции ФНЦ ЗБК (табл. 4).

Сорта зернобобовых культур, внесенные в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2021-2025 гг.

п/п	Культура, сорт	Год допуска	Регион	Оригинатор
ФАСОЛЬ				
1.	Самарская белая	2021	*	ФГБУН Самарский НЦ РАН
2.	Физкультурница	2021	*	ФГБОУ ВО Омский ГАУ имени П.А. Столыпина
3.	Зебра	2022	*	ФГБОУ ВО Омский ГАУ имени П.А. Столыпина
4.	Купава	2023	5	ФГБНУ ФНЦ ЗБК
5.	Льдинка	2024	10	Омский ГАУ имени П.А. Столыпина
6.	Омский рубин	2025	10	Омский ГАУ имени П.А. Столыпина
НУТ				
1.	Горизонт	2021	6,7	Краснокутская СОС ФГБНУ ФНЦ Ю-Востока
2.	Донплазма	2021	6	ФГБНУ ФРАНЦ, Ростов, ООО НПФ «Селекционер Дона»
3.	Ной	2021	6	ООО «Агроплазма», ООО «Южгидрид», Краснодар
4.	Антракит	2022	6	ООО «Казачье общество», Х. Клиновка, Ростов
5.	Боковский белосемянный	2022	6	ООО «Казачье общество», Х. Клиновка, Ростов
6.	Григорий	2022	6	ООО «Казачье общество», Х. Клиновка, Ростов
7.	Дар Заволжья	2022	7	ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока
8.	Номинал	2022	5,7	ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, ООО ОВП «Покровское»
9.	Хабиб	2022	5,6	ИП Глава КФХ Семёнов И.А., Воронеж, Вороньков П.Н., Воронеж
10.	Витязь	2023	5,7,8	ИП Широкова О.А., Московская обл.
11.	Наука	2024	6	ООО Агроплазма», Краснодар
12.	Немезида	2024	5	ООО Агроплазма», Краснодар
13.	Чернозём	2024	7,9	ООО ОВП «Покровское», Саратовский ГУ генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова
14.	Чёрный жемчуг	2024	6	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы
15.	АА Атлант	2025	9	ООО «Активагро», Саратов
16.	Приво 11	2025	5-10	Балашов А.В.
17.	София	2025	6	ФГБНУ ФИЦ ВИГРР имени Н.И. Вавилова
18.	Тамерлан	2025	7,8,9	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы
ЧЕЧЕВИЦА				
1.	КДЦ Кермит	2021	5,7,9	Канада
2.	Бриллиант	2022	7,8,9	ИП Глава КФХ Жариков А.В.
3.	Екатериновская	2022	7	ООО «АктивАгро», Саратов, Жужукин В.И.

4.	КДЦ МАРБЛ	2022	5,6,7	Канада
5.	КДЦ Метеор	2022	5,6,7,8,9	Канада
6.	Лира	2022	7,8,10	ООО «Актив Агро», Саратов, Жужукин В.И.
7.	Фламенко	2022	7	ФГБНУ ФНЦ ЗБК
8.	Чёрная жемчужина	2024	9	ООО ОВП «Покровское», Саратов
9.	Мечта	2025	7,8	ФГБНУ РНИПТИ сорго и кукурузы
10.	ЭН Белуга	2025	5,6,9	ООО «Эконива Семена», Курск

ВИКА ЯРОВАЯ

1.	Гармония	2021	10	ФГБНУ Алтайский ФНЦ агробиотехнологий
2.	Ксения	2022	2,4,7	ФГБНУ ФНЦ ЗБК
3.	Татьяна	2023	3,5	ФГБНУ ФИЦ ВИК имени В.Р. Вильямса
4.	Тулунский уголёк	2023	11	ФГБНУ Тулунский НИИСХ

БОБЫ КОРМОВЫЕ

1.	Капри	2023	2,3,4,12	Германия
2.	Футура	2023	2,3,5	Германия
3.	Надежные	2025	5	ФГБНУ ФНЦ ЗБК

• – по России

Заключение

Таким образом, в результате выполнения Государственных заданий, научных программ, грантов по селекции зернобобовых культур за 2021-2025 годы научными учреждениями и организациями создано и передано на государственное сортоиспытание более 110 новых сортов гороха, нута, чечевицы, фасоли, вики посевной яровой, кормовых бобов. По результатам государственного сортоиспытания в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в производство внесены более 80 сортов.

Одним из важнейших факторов увеличения урожайности и стабилизации производства зернобобовых 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, рационально использовать невозобновляемые ресурсы, увеличить не только валовые сборы зерна, но и получить экологически чистую продукцию органического земледелия, спрос на которую растёт как в России, так и за рубежом.

Литература

1. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Зеленов А.Н., Сидоренко В.С. Зернобобовые как фактор устойчивого растениеводства. // Селекция, семеноводство и генетика. – 2016. – № 1. – С. 26-30.
2. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 4-9.
3. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 6-13.
4. Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Повышение конкурентоспособности селекционных достижений, актуальность и роль экологического сортоиспытания: День поля «Шатилово» -

- Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. 2020». // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3 (35). – С. 140-144. DOI 10.24412/2309-348X-2020-2-11197
5. Шакирзянова М.С., Шагаев Н.А. Результаты селекции гороха посевного в Ульяновском НИИСХ. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 2 (46). – С. 10-18. DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-10-18
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. Сорта растений (официальное издание). – М: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2024. – 620 с.

References

1. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Zelenov A.N., Sidorenko V.S. Pulses as a factor in sustainable crop production. *Seleksiya, semenovodstvo i genetika*. 2016, no.1, pp.26-30.
2. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Development of grain legume production in the Russian Federation. *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*. 2018, no.2(26), pp. 4-9.
3. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V., Naumkin V.V. Pulses are an important factor in sustainable, environmentally oriented agriculture. *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*. 2016, no.1(17), pp. 6-13.
4. Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. Increasing the competitiveness of breeding achievements, the relevance and role of ecological variety testing: Field Day "Shatilovo" - 2020. *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*, 2020, no.3(35), pp. 140-144.
5. Shakirzyanova M.S., Shagaev N.A. Results of breeding of field peas at the Ulyanovsk Research Institute of Agriculture. *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*. 2023, no.2(46), pp.10-18.
6. State register of breeding achievements approved for use. Volume 1. Varieties of plants. (Official edition), Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2024, 620 p. (In Russian)

НАКОПЛЕНИЕ ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ В СЕМЕНАХ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ЭКСПРЕССИРУЮЩИХ ГЕНОВ

С.В. БОБКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
E-mail: svbobkov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8146-0791>
Т.Н. СЕЛИХОВА, кандидат биологических наук,
<https://orcid.org/0000-0002-4240-9803>

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Проведено изучение влияния количества электрофоретических компонентов (изоформ) на содержание запасных белков: конвицилина, вицилина и α -субъединицы легумина в семенах гороха. В качестве объекта исследования использовали интродрессивные линии межвидовых гибридов гороха BC_1F_4 (ПАП 485/4 \times к-6070) \times Родник, BC_1F_4 (ПАП 485/4 \times к-6070) \times Л-375 и их родителей: сорт Родник и образец коллекции ВИР к-6070 (*P. fulvum*). Нами установлено, что увеличение числа функционирующих генов и, соответственно, компонентов конвицилина и α -субъединицы легумина на электрофоретических спектрах с 1 до 2 приводит к подавлению экспрессии каждого отдельного гена. С ростом числа компонентов запасных белков с 2 до 3 содержание белка в каждом отдельном компоненте не изменялось, а общее количество белка либо возрастало (конвицилин), либо оставалось на прежнем уровне (α -субъединицы легумина). Для селекции сортов гороха с высоким содержанием белка следует учитывать эффект подавления экспрессии генов при совместном функционировании и проводить выделение локусов запасных белков с повышенной экспрессией кодирующих генов.

Ключевые слова: горох, дикий сородич, *Pisum sativum*, *P. fulvum*, межвидовой гибрид, интродрессия, запасной белок, изоформа, белковый компонент, денситометрия.

Для цитирования: Бобков С.В., Селихова Т.Н. Накопление запасных белков в семенах гороха в зависимости от числа экспрессирующих генов. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):22-30 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-22-30

ACCUMULATION OF STORAGE PROTEINS IN PEA SEEDS DEPENDING ON THE NUMBER OF EXPRESSING GENES

S.V. Bobkov, T.N. Selikhova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: Relationship between content of storage proteins (convicilin, vicilin and α -subunit of legumin) and number of their bands on electrophoretic spectra in seeds of interspecific hybrid BC_1F_4 (PAP 485/4 \times к-6070) \times Родник, BC_1F_4 (PAP 485/4 \times к-6070) \times Л-375 was studied. Enhancement of functional genes number (corresponding number of protein bands on electrophoretic spectra) coding convicilin and legumin (α -subunit) from 1 to 2 lead to suppression of each gene expression. With increase of storage protein bands from 2 to 3 protein content of protein in single band did not change but summarized protein content elevated until the level of a single band (convicilin) or remained at the same position (legumin). For use in pea breeding effect of gene suppression must be considered. Loci with elevated expression of storage protein genes could be marked and used in pea breeding on high seed protein content.

Keywords: pea, wild relative, *Pisum sativum*, *P. fulvum*, interspecific hybrid, introgression, storage protein, legumin, convicilin, isoform, protein band, densitometry.

Введение

Выдающиеся успехи в селекции злаковых культур достигнуты благодаря модификации архитектоники растений с использованием генов короткостебельности (Borlaug, 1983) [1]. Обнаружение и вовлечение в селекционный процесс рецессивной мутации *afila* (*af*) можно рассматривать в качестве главной инновации в истории селекции гороха (Kujala, 1953; Solov'eva, 1958). Комбинирование рецессивных аллелей *af* и *uni* приводит к формированию усато-листочкового (гетерофилльного) или морфотипа «хамелеон», который может сыграть решающую роль при создании высокоурожайных сортов гороха [2]. В настоящее время созданы и включены в Государственный реестр селекционных достижений сорта гороха нового поколения Спартак и Ягуар с сочетанием 2 рецессивных аллелей *af* и *uni^{lac}*.

Селекция гороха на высокую урожайность сопряжена с необходимостью поддержания высокого качества зерна, что выражается в оценке селекционного материала по содержанию белка, крахмала, амилозы и антипитательных веществ (ингибиторы протеиназ, лектины) в селекционном материале [3]. Уровень белка в семенах селекционного материала контролируется по результатам анализа по методу Къельдаля или с использованием ближней инфракрасной спектроскопии. Целенаправленная селекция гороха на высокое содержание белка возможна с использованием знаний о белковом комплексе гороха, генетических детерминантах запасных белков и их экспрессии.

Семена современных сортов гороха содержат высококачественный белок с рекордным среди зернобобовых культур содержанием лизина, низким содержанием ингибиторов протеиназ и лектинов, хорошей усвояемостью организмом человека [4]. Содержание белка в семенах различных сортов гороха зависит как от условий выращивания, так и генотипа. Генотипические различия по накоплению белка в семенах могут определяться различной экспрессией генов отдельных локусов запасных белков и, соответственно, соотношением изоформ в белковом комплексе, а также различным временем синтеза в семядолях в период налива семян (Gatehouse, 1982).

Основными запасными белками гороха являются легумин, вицилин и конвицилин [5]. Исследование 59 линий и образцов гороха показало, что количество легумина, вицилина и конвицилина в белковом экстракте составляет 5,9-24,5%, 26,3-52,0%, 3,9-8,3% соответственно [6]. Содержание вицилина в семенах гороха в 4,2-4,8 выше, чем конвицилина, а отношение легумина к вицилину у различных генотипов гороха варьирует от 0,4 до 2.

Электрофоретическое изучение запасных белков межвидовых гибридов гороха с нетрадиционными изоформами конвицилина позволило оценить разнообразие генотипов по компонентному составу электрофоретических спектров и паттернов совместной экспрессии «диких» и «культурных» аллелей конвицилина [7]. В результате был сделан вывод о том, что изучение зависимости между содержанием запасного белка и наличием разного числа компонентов (изоформ) легумина, вицилина и конвицилина может привести к разработке эффективных методов селекции сортов гороха с высоким содержанием белка.

Цель исследования – изучение содержания запасных белков: конвицилина, вицилина, α -субъединицы легумина в зависимости от числа их компонентов (изоформ) в электрофоретических спектрах.

Материал и методика исследования

Белки семян межвидовых гибридов гороха BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Родник и BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Л-375, сорта Родник и образца коллекции ВИР к-6070 (*P. fulvum*) разделяли в полиакриламидном геле с использованием модифицированного метода SDS-PAGE электрофореза. Белки экстрагировали ТРИС-глициновым буфером (ТРИС, глицин, додецилсульфат натрия, pH=8,8) из муки, полученной после измельчения изолированных семядолей межвидовых гибридов. Экстракцию запасных белков проводили в течение 20 часов в холодильнике при температуре 4°C, pH=8,3. После центрифугирования 10 мкл экстракта смешивали с равным объемом буфера нанесения (ТРИС-HCl, глицерин,

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. додецилсульфат натрия, β -меркаптоэтанол, бромфеноловый синий). Десять микролитров полученной смеси помещали в заполненные электродным буфером ячейки 5% концентрирующего геля в камере для вертикального электрофореза VE-4 (Хеликон, Россия). Разделение белков происходило в 12% геле.

Определение положения белков на электрофоретических пластинах проводили с использованием набора маркеров с молекулярной массой 6,5-200 кДа (Sigma-Aldrich, США). Белковые компоненты с молекулярной массой ~70 кДа указывали на локализацию конвицилина [8]. Компоненты белка с массой ~35-46 кДа представляли α -субъединицу легумина. Непроцессированный вицилин локализовался в компонентах с молекулярной массой ~47-50 кДа (Tzitzikas et al., 2006).

Содержание белка определяли денситометрическим методом в компонентах конвицилина, непроцессированного вицилина и α -субъединицы легумина у межвидовых гибридов BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Родник, BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Л-375, сорта Родник и образца *P. fulvum* к-6070. Конвицилин и α -субъединица легумина в различных спектрах были представлены 1, 2 или 3 компонентами. Непроцессированный вицилин во всех спектрах находился в 2 смежных компонентах.

Содержание белка в электрофоретических компонентах выражали в единицах интенсивности. Для исключения влияния различной концентрации белка в экстрактах, полученных из отдельных семян, содержание запасных белков нормализовали на общее содержание белка в специально выделенном для этой цели электрофоретическом спектре.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа. Апостериорные сравнения средних проводили с учетом поправки HSD Tukey на множественные сравнения.

Результаты исследований

Электрофоретический анализ белков семян выявил ярко выраженный полиморфизм по наличию-отсутствию изоформ основных запасных белков у межвидовых гибридов гороха BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Родник и BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Л-375. В настоящем исследовании полиморфизм конвицилина является результатом предварительного отбора гибридов с «дикими» изоформами. Электрофоретический профиль непроцессированного вицилина и α -субъединицы легумина (отбор по вицилину и легумину сложился в отсутствие отбора по указанным белкам) (рис. 1).

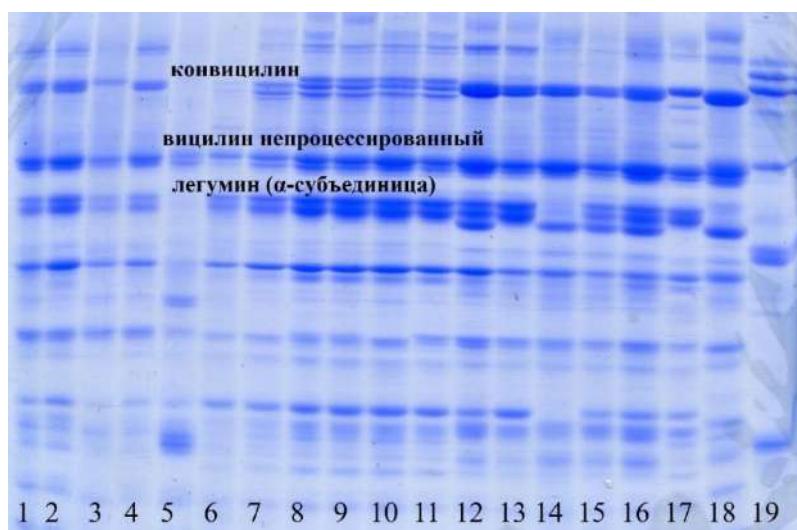


Рис. 1. Электрофоретические спектры белков семян межвидовых гибридов гороха. В позициях 1-13 приведены спектры белков семян межвидовых гибридов BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Родник, 14-16 – спектры гибридов BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Л-375, 17 – сорта Родник, 18 – образца *P. fulvum* к-6070, 19 – сорта сои Ланцетная. Названия запасных белков приведены над соответствующей локализацией белковых компонентов

У всех межвидовых гибридов количество компонентов непроцессированного вицилина было стабильным и равнялось 2. Семена гибридов BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Родник по наличию и расположению компонентов конвицилина были отнесены к фенотипу *W* (*wild*, гомозигота по аллелям образца к-6070), *I* (*intermedium*, гетерозигота по аллелям культурного гороха) и *C* (*cultured*, гомозигота по аллелям конвицилина культурного гороха). Все семена гибридов BC₁F₄ (ПАП 485/4 × к-6070) × Л-375 по изоформам конвицилина относились к одному фенотипу *W*.

Образец коллекции ВИР к-6070 отличался от культурного гороха (сорт Родник, селекционные линии ПАП 485/4 и Л-375) наличием единственного «тяжелого» компонента α -субъединицы легумина, который в таблице 1 обозначен символом *W*. Сорт и селекционные линии культурного гороха характеризовались наличием двух «лёгких» компонентов указанного белка, обозначенных символом *C*. Межвидовые гибриды гороха с культурными, дикими и смешанными изоформами α -субъединицы легумина обозначены символами *C*, *W* и *I* соответственно.

Для определения влияния отбора по конвицилину на распределение компонентов α -субъединицы легумина провели тест на наличие ассоциации между фенотипами конвицилина и легумина с использованием таблицы сопряженности (табл. 1).

Таблица 1

Анализ ассоциации между распределением компонентов α -субъединицы легумина и генотипических паттернов конвицилина

Фенотип α -субъединицы легумина	Фенотип конвицилина			ВСЕГО
	<i>C</i>	<i>I</i>	<i>W</i>	
<i>C</i>	3	4	5	12
<i>I</i>	0	0	3	3
<i>W</i>	0	0	1	1
ВСЕГО	3	4	9	16

Точный тест Фишера, проведённый по данным таблицы 1, указал на отсутствие ассоциации между распределением компонентов конвицилина и α -субъединицы легумина ($p=0,639$). По результатам анализа можно сделать вывод об отсутствии отбора по α -субъединице легумина, сопряженного с проведенным отбором межвидовых гибридов с интргрессивными изоформами конвицилина.

Запасные белки гороха (конвицилин, вицилин, легумин) различаются по аминокислотному составу, особенно по количеству серосодержащих аминокислот [5]. Вследствие этого различные соотношения изоформ легумина, конвицилина и вицилина могут оказать существенное влияние на физико-химические свойства совокупного белка. Использование в селекции гороха диких сородичей может расширить разнообразие изоформ запасных белков у межвидовых гибридов [9].

Вопрос повышения содержания белка доминирует в селекции гороха. В некоторых странах введено государственное регулирование содержания белка у сортов этой культуры [3]. В научной литературе ранее рассматривался вопрос увеличения содержания белка в семенах гороха за счет функционирования дополнительных локусов запасных белков [10] или наличия их нетрадиционных изоформ [11]. Поэтому изучение влияния дополнительных, в том числе интргрессивных, компонентов электрофоретических спектров на содержание белка в семенах перспективно для селекции гороха.

Полногеномное секвенирование показало, что запасные белки гороха контролируются несколькими локусами, среди них следует отметить 2 локуса конвицилина, 12 - легумина и 9 - вицилина [12].

Для понимания вопроса, приводит ли экспрессия дополнительных локусов к росту содержания отдельных запасных белков и их совокупности, мы провели анализ содержания запасных белков конвицилина и легумина (α -субъединица), а также суммы конвицилина, вицилина, легумина (имитация общего содержания белка) у межвидовых гибридов с 1, 2 и 3 компонентами (изоформами) конвицилина и легумина (табл. 2, рис. 2).

Содержание конвицилина, вицилина и α -субъединицы легумина у межвидовых гибридов гороха с разным числом белковых компонентов

Число компонентов	Содержание белка (конвицилин или α -субъединица легумина), млн. единиц интенсивности		Содержание Σ конвицилин, вицилин, легумин (α -субъединица), млн. единиц интенсивности	
	Среднее	ДИ*	Среднее	ДИ
Конвицилин				
1	102,4	86,1-118,8	455	403-508
2	50,6	24,8-76,5	250	167-332
3	100,5	74,6-126,3	425	342-507
Легумин (α-субъединица)				
1	234	152,7-315	536	379-692
2	144	112,5-176	373	311-434
3	163	96,7-229	444	317-572

* ДИ – доверительный интервал

Для оценки различий по содержанию белка в зависимости от числа белковых компонентов использовали однофакторный дисперсионный анализ. В результате были выявлены существенные различия по содержанию конвицилина ($F (2, 15)=7,034$; $p=0,007$, $\eta^2=0,481$) в зависимости от числа его компонентов, а различия по количеству α -субъединицы легумина не имели статистической значимости ($F (2, 15)=2,418$; $p=0,123$; $\eta^2=0,244$). Похожая статистическая оценка была характерна для влияния числа компонентов конвицилина ($F (2, 15)=9,676$; $p=0,002$; $\eta^2=0,577$) и легумина ($F (2, 15)=2,428$; $p=0,122$; $\eta^2=0,245$) на общее содержание трех белков: конвицилина, непроцессированного вицилина и α -субъединицы легумина.

Апостериорный анализ с коррекцией на множественные сравнения показал, что межвидовые гибриды, сорт Родник и образец к-6070 с одним и тремя компонентами конвицилина не различались как по содержанию указанного белка ($p=0,990$), так и по сумме конвицилина, вицилина и α -субъединицы легумина ($p=0,784$) (табл. 3, рис. 2). Однако у генотипов с 2 компонентами конвицилина было существенно меньше суммарного конвицилина и суммы указанных выше белков как в сравнении с 1 ($p=0,007$ и $p=0,001$ соответственно), так и с 3 ($p=0,028$ и $p=0,016$ соответственно) компонентами.

Таблица 3

Различия в содержании белка в зависимости от числа компонентов в белковом спектре (оценка разности средних с использованием коррекции HSD Tukey на множественные) сравнения

Парные сравнения с разным числом компонентов белка	Собственный белок (конвицилин или α -субъединица легумина)			Σ конвицилин, вицилин, легумин (α -субъединица)		
	Разность, млн. единиц интенсивности	t	p	Разность, млн. единиц интенсивности	t	p _{tukey}
Конвицилин						
1 - 2	51,81	3,609	0,007	202,5	4,477	0,001
1 - 3	1,97	0,137	0,990	30,8	0,670	0,784
2 - 3	-49,84	-2,905	0,028	-4,7	-3,185	0,016
Легумин (α-субъединица)						
1 - 2	89,6	2,189	0,106	162,9	2,070	0,130
1 - 3	70,9	1,442	0,345	91,3	0,964	0,610
2 - 3	-8,6	-0,540	0,853	71,7	-1,080	0,540

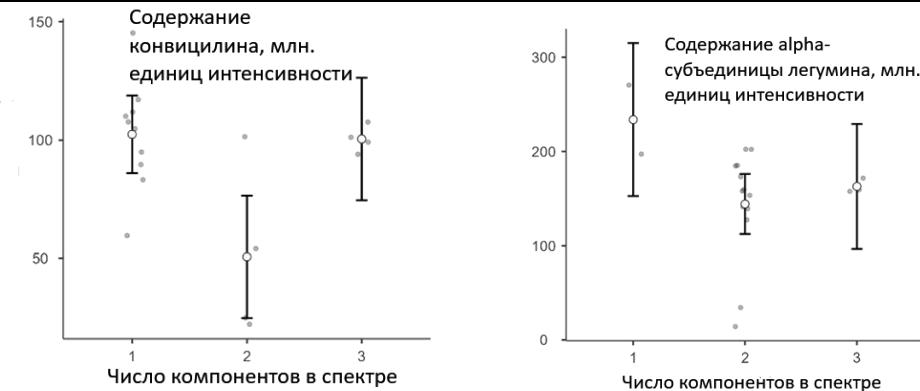


Рис. 2. Содержание запасных белков: конвицилина и α -субъединицы легумина у генотипов гороха с различным числом компонентов указанных белков. Вертикальные линии показывают среднее значение с 95 % доверительным интервалом

Такая же тенденция наблюдалась с ростом числа компонентов α -субъединицы легумина (табл. 3). Увеличение числа компонентов этого белка с одного до двух приводило к уменьшению содержания как указанного белка, так и суммы белков: конвицилина, вицилина и α -субъединицы легумина. Однако различия по содержанию белка не были статистически значимыми ($p=0,106$ и $p=0,130$ соответственно).

Статистически значимое снижение содержания конвицилина и легумина при увеличении числа компонентов указанных белков с 1 до 2 поднимает вопрос: влияет ли число экспрессирующих локусов на эффективность экспрессии отдельного локуса или приводит ли совместная экспрессия одного белка разными локусами к интерференции мРНК? Для прояснения поставленного вопроса проведено изучение содержания белка в 1 компоненте конвицилина и α -субъединицы легумина в семенах с различным числом белковых компонентов.

Содержание конвицилина у генотипов с 1, 2 и 3 белковыми компонентами составляло 102,4; 25,3 и 33,5 млн. единиц интенсивности соответственно (табл. 4). У межвидовых гибридов с 1, 2 и 3 компонентами количество легумина (α -субъединицы) равнялось 233,9; 72,2 и 54,3 млн. единиц интенсивности соответственно.

Таблица 4
Содержание белка в одном белковом компоненте у генотипов гороха с 1, 2, и 3 компонентами конвицилина и α -субъединицы легумина

Число компонентов запасных белков у межвидовых гибридов	Содержание белка в одном компоненте, млн. единиц интенсивности	95% доверительный интервал	
		нижний	верхний
Конвицилин			
1	102,4	89,30	115,5
2	25,3	4,56	46,1
3	33,5	12,73	54,2
Легумин (α-субъединица)			
1	233,9	189,8	278,1
2	72,2	54,9	89,5
3	54,3	18,3	90,4

Дисперсионный анализ выявил существенные различия ($F (2,15)=27,311$; $p<0,001$; $\eta^2=0,807$) по содержанию белка в 1 компоненте конвицилина у межвидовых гибридов, сорта Родник и образца к-6070 гороха с различным числом компонентов. Статистически значимые различия по содержанию белка у экспериментального материала гороха с 1 и 2 компонентами конвицилина (77,12 млн. единиц, $p_{Tukey}<0,001$) и с 1 и 3 компонентами (68,94 млн. единиц, $p_{Tukey}<0,001$) (табл. 5, рис. 3). Однако разность по содержанию белка в 1

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. компоненте между генотипами с 2 и 3 компонентами была значительно меньше (-8,18) и не являлась статистически значимой ($p_{Tukey}=0,825$).

Таблица 5

Содержание конвицилина и α -субъединицы легумина в одном белковом компоненте в зависимости от их числа (оценка разности средних с использованием коррекции HSD Tukey на множественные сравнения)

Парные сравнения с разным числом компонентов белка	Собственный белок		
	Разность, млн. единиц интенсивности	t	p_{Tukey}
Конвицилин			
1 - 2	77,12	6,694	<0,001
1 - 3	68,94	5,984	<0,001
2 - 3	-8,18	-0,594	0,825
Легумин (α-субъединица)			
1 - 2	161,8	7,268	<0,001
1 - 3	179,6	6,714	<0,001
2 - 3	17,8	0,951	0,618

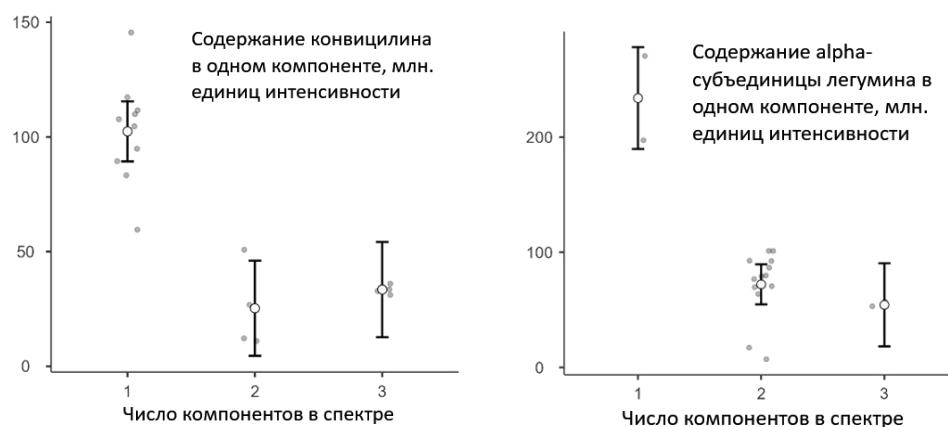


Рис. 3. Содержание белка в одном компоненте (изоформе) конвицилина и α -субъединицы легумина у генотипов гороха с различным числом компонентов указанных белков. Вертикальные линии показывают среднее значение с 95 % доверительным интервалом

Дисперсионный анализ также выявил существенные различия по содержанию белка в 1 компоненте легумина (α -субъединица) у межвидовых гибридов, сорта Родник и образца к-6070 с 1, 2 и 3 компонентами указанного белка ($F(2,15)=18,109$; $p<0,001$; $\eta^2=0,572$). Достоверные различия по содержанию белка в 1 компоненте выявлены у генотипов с 1 и 2 и 1 и 3 компонентами легумина (табл. 4, рис. 3). Разница между гибридами с 1 и 2 компонентами составила 161,8 млн. единиц интенсивности ($p<0,001$), а между гибридами с 1 и 3 компонентами – 179,6. Однако между межвидовыми гибридами с 2 и 3 компонентами различие по содержанию белка были незначительными и составили 17,8 млн. единиц интенсивности ($p=0,618$).

Заключение

Повышение содержания белка является приоритетным направлением селекции гороха. Для успешной селекционной работы в указанном направлении необходимы новые знания о взаимодействии генов различных локусов, кодирующих один запасной белок, которые возможны в результате гибридизации исходного селекционного материала. Электрофоретический анализ позволяет находить положение запасного белка на гелевой пластине, подсчитывать количество компонентов (изоформ), которые экспрессируются генами различных локусов и денситометрическим методом определять содержание белка в компонентах. В настоящем исследовании акцент сделан на изучении влияния коэкспрессии

генов различных локусов, кодирующих конвицилин и α -субъединицу легумина, на содержание исследуемого белка и на суммарное содержание основных запасных белков: конвицилина, вицилина и легумина. Исследование показало, что увеличение числа экспрессирующих локусов с 1 до 2 приводило к снижению содержания конвицилина и α -субъединицы легумина, а также суммы трёх основных запасных белков. Последующее увеличение числа компонентов не приводило к дальнейшему снижению содержания как отдельных запасных белков, так и их суммы. Снижение содержания конвицилина и легумина было обусловлено сильным, статистически значимым для обоих запасных белков, уменьшением его количества в одном электрофоретическом компоненте. В обособленном компоненте спектра может накапливаться белок одинаковой молекулярной массы, а чёткие различия между положением компонентов на электрофоретической пластине могут указывать на то, что они продукты экспрессии генов, предположительно локализованных в различных локусах. В результате коэкспрессия генов подавляет экспрессию каждого отдельного гена. Одной из причин такого явления, предположительно, является интерференция мРНК. Следует обратить внимание на то, что с увеличением числа компонентов с 2 до 3 содержание белка в одном компоненте не изменилось.

В современной селекции гороха оценка генотипов по содержанию белка проводится по данным анализа семян по методу Къельдаля или с использованием ближней инфракрасной спектроскопии. Однако планомерная селекция на высокое содержание белка должна учитывать многообразие запасных белков и их изоформ и, соответственно, варианты генов, которые их кодируют. Обнаруженный нами эффект подавления экспрессии запасных белков: конвицилина и легумина при совместном функционировании нескольких генов-паралогов открывает новые возможности в селекции гороха. В селекционных программах рекомендуется использовать генотипы с одним функционирующим геном определенного запасного белка с повышенной экспрессией.

Литература

1. Lumpkin T.A. How a gene from Japan revolutionized the world of wheat: CIMMYT's quest for combining genes to mitigate threats to global food security. In: Advances in wheat genetics: from genome to field. Tokyo, Japan: Springer. - 2015. – P. 13–20.
2. Zelenov A.N., Zadorin A.A. Zelenov A.A. Advantages and economic efficiency of cultivation of pea varieties of morphotype chameleon // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 2020, November, 17-18. Moscow, Virtual. - 2021. - V. 650. – P. 012107. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012107>
3. Burstin J., Gallardo K., Mir R.R., Varshney R.K., Duc G. Improving protein content and nutrition quality // Biology and Breeding of Food Legumes / Pratap A. and Kumar J. – Wallingford, CT: CAB International, 2011. – P. 314-328. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781845937669.0314>
4. Бобков С.В., Сучкова Т.Н. Аминокислотный состав запасных белков у диких подвидов гороха *Pisum sativum* L. // Вестник аграрной науки. – 2012. - Т. 36. - № 3. – С. 30-32.
5. Lam A., Karaca A., Tyler R., Nickerson M. Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality // Food Reviews International. – 2016. – V. 34 (2). – P. 126-147. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1242135>
6. Tzitzikas E.N., Vincken J.P., Groot J., Gruppen H., Visser R.G. Genetic variation in pea seed composition // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2006. – V. 54. – P. 425-433.
7. Bobkov S.V., Selikhova T.N. Marker-assisted selection of pea interspecific hybrids with introgressive alleles of convicilin. In: Popkova E.G., Sergi B.S. (eds) Sustainable Agriculture. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes. Springer, Singapore. – 2022. – P. 283–293. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8731-0_28
8. O'Kane, F., Happe, R., Vereijken, J., Gruppen, H., & van Boekel, M. Characterization of Pea Vicilin. 1. Denoting convicilin as the α -Subunit of the *Pisum* vicilin family // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – V. 52 (10). – P. 3141-3148. <https://doi.org/10.1021/jf035104i>
9. Бобков С.В., Селихова Т.Н. Получение межвидовых гибридов для интродукции в селекции гороха // Экологическая генетика. – 2015. – Т. 13. – № 3. – С. 40–49. [Bobkov SV,

- Selikhova TN. Obtaining interspecific hybrids for introgressive pea breeding. *Russ J Genet Appl Res.* – 2017. – V. 7. – V. 145-152. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/s2079059717020046>
10. Бобков С.В., Башкирова К.А. Изучение полиморфизма запасных белков у родителей и гибридов дикого и культурного гороха // Земледелие. – 2022. – № 5. – С. 35-39. <https://doi.org/0.24412/0044-3913-2022-5-35-39>
11. Бобков С.В., Онучина У.И. Характеристика белкового комплекса семян абиссинского гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 4 (52). – С. 5-12. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-4-5-12>
12. Kreplak J., Madoui M.A., Capal P., et al. A reference genome for pea provides insight into legume genome evolution // *Nature Genetics.* - 2019. - V. 51. - P. 1411–1422. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0480-1>

References

1. Lumpkin T.A. How a gene from Japan revolutionized the world of wheat: CIMMYT's quest for combining genes to mitigate threats to global food security. In: *Advances in wheat genetics: from genome to field*. Tokyo, Japan: Springer, 2015, pp. 13–20.
2. Zelenov A.N., Zadorin A.A., Zelenov A.A. Advantages and economic efficiency of cultivation of pea varieties of morphotype chameleon. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 2020, November, 17-18. Moscow, Virtual, 2021, Vol. 650, P. 012107. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012107>
3. Burstin J., Gallardo K., Mir R.R., Varshney R.K., Duc G. Improving protein content and nutrition quality. *Biology and Breeding of Food Legumes* / Pratap A. and Kumar J, Wallingford, CT: CAB International, 2011, pp. 314-328. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781845937669.0314>
4. Bobkov S.V., Suchkova T.N. Amino acid composition of reserve proteins in wild pea subspecies *Pisum sativum* L. *Vestnik agrarnoi nauki*, 2012, vol. 36, no. 3, pp. 30-32. (In Russian)
5. Lam A., Karaca A., Tyler R., Nickerson M. Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International*, 2016, Vol. 34 (2), pp. 126-147. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1242135>
6. Tzitzikas E.N., Vincken J.P., Groot J., Gruppen H., Visser R.G. Genetic variation in pea seed composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, Vol. 54, pp. 425-433.
7. Bobkov S.V., Selikhova T.N. Marker-assisted selection of pea interspecific hybrids with introgressive alleles of convicilin. In: Popkova E.G., Sergi B.S. (eds) *Sustainable Agriculture. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*. Springer, Singapore, 2022, pp. 283–293. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8731-0_28
8. O'Kane, F., Happe, R., Vereijken, J., Gruppen, H., & van Boekel, M. Characterization of Pea Vicilin. 1. Denoting convicilin as the α -Subunit of the *Pisum* vicilin family // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, Vol. 52 (10), pp. 3141-3148. <https://doi.org/10.1021/jf035104i>
9. Bobkov S.V., Selikhova T.N. Obtaining interspecific hybrids for introgressive pea breeding. *Ekologicheskaya genetika*. 2015, vol. 13, no. 3, pp. 40–49. [Bobkov S.V., Selikhova T.N. Obtaining interspecific hybrids for introgressive pea breeding. *Russ J Genet Appl Res*, 2017, V. 7, V. 145-152. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/s2079059717020046>
10. Bobkov S.V., Bashkirova K.A. Study of polymorphism of reserve proteins in parents and hybrids of wild and cultivated peas. *Zemledelie*. 2022, no. 5, pp. 35-39. <https://doi.org/0.24412/0044-3913-2022-5-35-39> (In Russian)
11. Bobkov S.V., Onuchina U.I. Characteristics of the protein complex of Abyssinian pea seeds. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury*, 2024, no. 4 (52), pp. 5-12. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-4-5-12> (In Russian)
12. Kreplak J., Madoui M.A., Capal P., et al. A reference genome for pea provides insight into legume genome evolution. *Nature Genetics*, 2019, Vol. 51, pp. 1411–1422. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0480-1>

СЕЛЕКЦИЯ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ СОРТОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

А.М. ЗАДОРИН, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0003-1498-0882 E-mail: alex.zadorin@yandex.ru

Г.В. СОБОЛЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук

М.Е. КОНОНОВА, научный сотрудник

А.Е. БЕЛЯКОВА, младший научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье представлены результаты селекционной работы по созданию засухоустойчивых сортов гороха посевного в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. За последние 5 лет в Государственный реестр селекционных достижений РФ были включены два засухоустойчивых сорта гороха – Ягуар и Столетник, созданные с учетом селекционных программ по засухоустойчивости. Отбор селекционного материала этих сортов проводился на селективных средах с применением селективных агентов.

Относительно сорта Ягуар учитывались показатели относительной засухоустойчивости и водоудерживающей способности. В качестве селекционного агента при учете индекса длины корня (критерий относительной засухоустойчивости) сорта Ягуар применяли раствор сахарозы. По показателям – индекс длины корня на уровне 0,58 и водоудерживающей способности за 6-ти часовой период 21,3%, сорт Ягуар превзошел стандарты Гамбит и Темп. На Государственном сортоиспытании сорт Ягуар показал лучшие результаты по урожайности в наиболее засухоустойчивых регионах – Северо-Кавказском и Нижневолжском. В результате, сорт районирован с 2020 года по пяти регионам РФ: Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному, Северо-Кавказскому, Нижневолжскому и Западно-Сибирскому.

При создании сорта гороха Столетник проводили выращивание и отбор регенерантов селекционного материала на селективной среде с применением селективного агента полизтиленгликоля в условиях *in vitro*. Оценку регенерантов проводили в конкурсном сортоиспытании, где новый сорт показал отличные результаты, превысив стандарт Гамбит на 4,6 ц/га. С 2021 г сорт Столетник успешно проходил государственное сортоиспытание, по завершении которого в 2024 г был включен в Государственный реестр селекционных достижений по Центрально-Черноземному и Северо-Кавказскому регионам РФ.

Ключевые слова: горох, сорт, урожайность, засухоустойчивость, селективная среда, селективный агент, сортоиспытание.

Для цитирования: Задорин А.М., Соболева Г.В., Кононова М.Е., Белякова А.Е. Селекция засухоустойчивых сортов гороха посевного в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):31-36 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-31-36

BREEDING OF DROUGHT-RESISTANT VARIETIES OF FIELD PEAS AT THE FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

A.M. Zadorin, G.V. Soboleva, M.E. Kononova, A.E. Belyakova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: At Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops breeding work is carried out according to programs aimed at creating drought-resistant varieties. Over the past five years, two drought-resistant varieties, *Jaguar* and *Stoletnik*, developed using these breeding programs for drought resistance, have been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation. The selection of breeding material for both varieties was carried out on selective media using selective agents.

For the *Jaguar* variety, indicators of relative drought resistance and water-holding capacity were taken into account. A sucrose solution was used as a selection agent taking into account the root length index (a criterion for relative drought resistance) of the *Jaguar* variety. In terms of indicators – root length index at 0.58 and water-holding capacity over a 6-hour period of 21.3%, the *Jaguar* variety exceeded the *Gambit* and *Temp* standards. During the State Variety Trials, the *Jaguar* variety demonstrated the best yield results in the most drought-resistant regions of the North Caucasus and Lower Volga. As a result, the variety was zoned for five regions: the Volga-Vyatka, Central Black Earth, North Caucasus, Lower Volga, and West Siberian regions.

When creating the *Stoletnik* variety, regenerants of the breeding material were grown and selected in a selective medium using the selective agent polyethylene glycol under in vitro conditions. The regenerated varieties were evaluated in competitive variety trials, where the new variety demonstrated excellent results, exceeding the *Gambit* standard by 4.6 centners per hectare. Since 2021, the *Stoletnik* variety has successfully completed state variety trials, and upon completion in 2024, it was included in the State Register of Breeding Achievements for the Central Black Earth and North Caucasus regions.

Keywords: pea, variety, yield, drought resistance, selective environment, selective agent, variety testing.

Введение

В связи с глобальными и локальными изменениями климата, устойчивость к засухе является актуальной проблемой селекции любой полевой культуры, в т.ч. гороха. В результате засухи нарушаются физиологические и биохимические процессы онтогенеза растений, ослабляется гомеостаз. Растения испытывают стресс, отмечается обезвоживание, что сказывается на замедлении роста. Горох относится к группе растений, наиболее подверженных стрессу, связанному с засухой, которая относится к числу факторов, резко снижающих урожай гороха [1]. У растений гороха сокращается площадь листовой поверхности, уменьшается число продуктивных узлов, число бобов на продуктивный узел, число семян в бобе, может снижаться масса 1000 семян, и как итог снижается продуктивность семян с растения, что ведет к недобору урожая [2].

В селекции полевых культур, в том числе гороха, применяют искусственный отбор, при котором выделяются растения с высокой степенью адаптивности к биотическим и абиотическим факторам стресса, обладающих комплексом хозяйственно-полезных признаков и свойств. При этом, многие ученые отмечают важное значение для отбора селективного фона, поскольку проявление адаптивно-значимых генов можно выявить только в подходящих условиях среды [3].

Цель работы – создание засухоустойчивых сортов гороха посевного.

Материал и методы

Селекционная работа по созданию новых засухоустойчивых сортов гороха проводилась на опытном участке четырехпольного севооборота ФНЦ ЗБК. Предшественник- черный пар. Почва опытного участка тёмно-серая лесная среднесуглинистая, pH солевой втяжки 4,8...5,0 ед., содержание гумуса в пахотном горизонте – 4,6...5,0%; обеспеченность подвижным фосфором (P_2O_5) и калием (K_2O) по Кирсанову (ГОСТ 54650-2001) – соответственно повышенная (10,5...12,4 мг/100 г почвы) и средняя (5...10 мг/100 г почвы).

Конкурсное испытание сорта *Ягуар* проводилось в 2015-2017 гг., сорта *Столетник* – в 2019-2021 гг. Закладка и уборка селекционных делянок проводилась вручную и механизированным способом: сеялки СКС-6-10, ССФК-7м; комбайны Сампо-130, Цюрих-150 и WINTERSTEIGER Classic. Сорта стандарты: Гамбит, Фараон (усатый морфотип), Темп (листочковый морфотип).

Полевые исследования закладывали в соответствии с Методикой полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1973) и Методическими указаниями по изучению коллекции генетических ресурсов зерновых бобовых культур (ВИР им. Н.И. Вавилова, 2010).

В лабораторных условиях проводили отбор сортообразцов на основе изучения относительной засухоустойчивости по Методике ВИР (1988), отбор регенерантов *in vitro* – на основе Методики клеточной селекции гороха на устойчивость к абиотическим факторам среды (2011).

Отбор *in vitro* на резистентность к водному дефициту проводили в лаборатории генетики и биотехнологии на каллусных культурах, культивируемых на среде с селективным агентом в течение одного пассажа (45-50 суток). Каллусные ткани получали из верхушек 3-5 дневных проростков гороха, выращиваемых в стерильных условиях. Для имитации осмотического стресса в качестве селективного агента, применяли полиэтиленгликоль. Питательная среда для культивации каллусных культур включала минеральные соли по MS, витамины В5, мезоинозитол – 100,0 мг/л, глицин – 2,0 мг/л, сахарозу – 30000 мг/л, БАП – 5,0 мг/л + НУК – 2,0 мг/л и была дополнена 15% полиэтиленгликолем с молекулярной массой 6000.

В работе использованы данные урожайности государственного сортоиспытания сортов Ягуар и Столетник [4, 5].

Результаты и обсуждение

Одним из наиболее значимых селекционных достижений ФНЦ ЗБК с высокими характеристиками засухоустойчивости является сорт Ягуар. При изучении относительной засухоустойчивости и водоудерживающей способности данный сорт показал значительные результаты по показателю индекса длины корня (ИДК), выражавшегося в отношении длины корешка 7-ми суточных проростков на селективной среде, где селективным агентом являлся раствор сахарозы к контролю. По этому показателю сорт Ягуар со значением ИДК = 0,58 превзошел не только сорт Гамбит с показателем ИДК = 0,34, но и сорт Темп с показателем ИДК = 0,55.

По показателю потери воды при завядании сорт Ягуар также выделился на фоне указанных выше сортов. Наиболее информативным периодом водоудерживающей способности является 6 часов. Потери воды сортом Ягуар за этот период составили 21,3%, у сортов Гамбит и Темп – 22,9 и 22,3% соответственно.

Характеристики засухоустойчивости сорта Ягуар подтверждаются и данными практического возделывания данного сорта в полевых условиях. По данным Госсорткомиссии РФ при испытании сорта Ягуар по пяти регионам – Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному, Северо-Кавказскому, Нижне-Волжскому и Западно-Сибирскому, лучшие результаты отмечены в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах. В условиях засушливого климата данных регионов в период испытания сорт Ягуар показал лучшие результаты по урожайности среди испытуемых сортов в Краснодарском крае на Отрадненском и Кореновском госсортучастках – превысил стандарт Старт на 17,6 и 4,1 ц/га соответственно, на Ипатовском сортучастке Ставропольского края – превысил стандарт Рассвет на 1,6 ц/га. В Волгоградской области на Новоаненском сортучастке – превысил стандарт Самариус на 7,2 ц/га, на Балаковском сортучастке в Саратовской области превысил стандарт Флагман 12 на 6,9 ц/га.

Сорт Ягуар создан методом индивидуального отбора из расщепляющейся гибридной популяции Аз-99×Татьяна. Относится к новому морфологическому типу – усатолисточковый (хамелеон). Высота растения – 45-79 см. число узлов до первого продуктивного узла включительно средне-большое. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости низкая. Цветки белые, по два на узле. Бобы прямые или с очень слабыми изгибами с тупой верхушкой. Семена округлые, светло-розовые. Семядоли желтые. Рубчик светлый. Масса 1000 семян 216-274 г. Среднеранний, вегетационный период 65-75 дней. Высокая устойчивость к полеганию. Засухоустойчив. Умеренно восприимчив к аскохитозу по листьям, к ржавчине. Сорт Ягуар имеет высокий потенциал продуктивности, в производственных условиях рекордный урожай был получен в филиале ФГБНУ ФНЦ ЗБК

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. опытной станции «Стрелецкая» в 2022 году – 64,9 ц/га, что на 35,1 ц/га выше стандарта Фараон. Содержание белка в семенах 23,6-25,4%.

Новейшим селекционным достижением ФНЦ ЗБК в направлении засухоустойчивости является сорт Столетник, кроме того, это первый в Российской Федерации сорт гороха, созданный методом клеточной селекции *in vitro*. Свое название сорт получил в честь столетней годовщины селекции на Орловщине, которая в 2021 году совпала с завершающим этапом создания нового сорта.

В 2024 году сорт гороха Столетник включён в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации по Центрально-Черноземному и Северо-Кавказскому регионам. Оригинатор и патентообладатель ФГБНУ ФНЦ ЗБК. Патент № 13699. От 28.05.2024 г. [6].

Ботаническое определение сорта Столетник: *Pisum sativum* L. *sensu lato*, subsp. *Sativum*, var. *vulgare*. Сорт Столетник создан методом отбора регенерантов из каллусной ткани *in vitro* на засухоустойчивость, полученных из гибридных семян расщепляющейся гибридной популяции F₆ Софья x Темп.

По данным Уварова В.Н. и др. [7], родительские доноры сорта Столетник относятся к группе сортов продовольственного направления, отличаются высоким выходом лущеного гороха 87,1...87,9%, характеризуются высокой продуктивностью, качеством зерна и кулинарными достоинствами. Оба сорта обладают повышенной адаптивной способностью, в т.ч. характеризуются высокой стрессоустойчивостью по отношению к засухе. Таким образом, комбинация, примененная для экспериментальной работы по выведению нового сорта *in vitro* была отобрана на основе глубокого анализа родословной родительских сортообразцов. Материнский донор сорт Софья создан с использованием сортов Темп и Carrera. Сорт Софья высокоустойчив к полеганию, имеет прочный стебель, высотой 55-80 см., усатый тип листа с жесткой структурой, расположенный под острым углом к стеблю прилистник. Семена сорта Софья шаровидной формы, с желтыми семядолями. Масса 1000 семян 230...250 г. С 2012 года сорт был включен в Госреестр селекционных достижений РФ.

Донор, взятый в качестве отцовской линии – сорт Темп. При его выведении из гибридной комбинации F3 (Tyrkis x PSS-2-1507) селективные агенты не применялись, однако отбор проводили методом, учитывающим скорость роста зародышевого корешка. Суть метода заключается в 11-дневном проращивании гибридных семян в бумажных рулонах и, отборе проростков с длиной корня в 3-3,5 раза длиннее стебля с последующей их высадкой в грунт [8].

Сорт Темп, имеет архаичный, классический тип сложного листа, состоящий из двух-трех пар листочков и заканчивающийся усиком. Повышенная устойчивость к полеганию агронома сорта достигается благодаря наличию прочного стебля. Семена шаровидной формы с массой 1000 семян – 240...260 г. С 2009 года включен в Госреестр селекционных достижений РФ.

Клеточная селекция сорта Столетник проводилась в лаборатории генетики и биотехнологии ФНЦ ЗБК, включала ряд основных этапов: индукцию каллусообразования, отбор осмоустойчивых каллусов на селективных средах, индукцию морфогенеза в отселектированных каллусах, регенерацию растений, адаптацию их к условиям *in vivo*, получение семенного потомства и его тестирование на устойчивость к засухе.

С 2019 по 2021 гг. сорт Столетник изучали в питомнике конкурсного сортоиспытания (КСИ) лаборатории селекции зернобобовых культур ФНЦ ЗБК. В качестве стандарта был взят сорт чешской селекции Гамбит. Выбор стандарта основывался на среднемноголетних данных Госсортолучастков Орловской области, где сорт Гамбит на тот момент был лидером (в настоящее время стандартом является сорт Ягуар селекции ФНЦ ЗБК). Показав отличные результаты продуктивности в конкурсном сортоиспытании, сорт Столетник был передан на государственное сортоиспытание (ГСИ), которое проходило в течение 2022-2023 гг.

Средняя урожайность нового сорта в КСИ составила 32,3 ц/га, превысив при этом стандарт на 4,6 ц/га. Максимальная урожайность сорта Столетник в КСИ – 34,4 ц/га, что выше стандарта на 5,3 ц/га.

Средняя урожайность нового сорта за годы ГСИ в Центрально-Черноземном регионе составила 33,3 ц/га, на 2,7 ц/га выше среднего по областям стандарта. Максимальная урожайность в том же регионе 42,0 ц/га отмечена в Липецкой области. В Северо-Кавказском регионе средняя урожайность сорта Столетник составила 27,5 ц/га, на 1,4 ц/га выше среднего стандарта.

Сложный лист сорта Столетник представлен, как и у отцовского сортообразца, листочковым типом. Лист состоит из двух пар продолговато-яйцевидных средних по размеру листочков и увенчан двумя парными усиками и одним непарным. Несмотря на отсутствие усатых листьев, растения сорта Столетник имеют короткий (высота 60-75 см.), прочный жесткий стебель, унаследованный от родительских сортообразцов, что позволяет его агроценозу проявлять повышенную устойчивость к полеганию. Это подтверждается данными ГСИ за 2022...2023 годы, средняя оценка устойчивости к полеганию сорта Столетник в Центрально-Черноземном регионе была на уровне среднего по сортоучасткам стандарта – 4 балла, в Северо-Кавказском регионе – 4,3 балла, что на 0,5 балла выше среднего стандарта. Таким образом, агроценоз сорта Столетник по устойчивости к полеганию не уступает агроценозам сортов с усатым типом листа.

Сорт Столетник имеет среднеранний период созревания, в КСИ составил 64-75 суток, в среднем 69 суток, на четверо суток короче, чем у среднепозднего стандарта Гамбит. На ГСИ вегетационный период сорта Столетник в среднем за 2 года составил: в Центрально-Черноземном регионе 74 суток, в Северо-Кавказском – 78 суток.

Бобы сорта Столетник прямые с тупой верхушкой. Окраска боба в период налива семян зеленая, при созревании желтая. Средняя ширина боба 1,7 см., длина 7 см. В бобе образуется от 4-х до 6-ти семян, максимально 7. Форма семени округлая, окраска желто-розовая, поверхность гладкая, матовая. Семена по размеру средние. Масса 1000 семян за годы КСИ составила в среднем 210,6 г. На ГСИ масса 1000 семян в Центрально-Черноземном регионе составила 248,0 г, в Северо-Кавказском – 212,7 г.

Заключение

В практической селекционной работе по созданию засухоустойчивых сортов гороха применялись методы изучения относительной засухоустойчивости на ранних этапах онтогенеза растений (проращивание семян на растворах имитирующих водный дефицит) и вегетирующих растений по физиологическим показателям, отражающим реакцию на обезвоживание. Применение этих двух методов позволяет выделить сортообразцы с высокими показателями засухоустойчивости. По данным методикам выделился сорт Ягуар с высоким показателем ИДК =0,58 и водоудерживающей способности в течение 6-ти часового периода со значением 21,3%. Свои свойства противостоять засухе сорт Ягуар продемонстрировал на государственном сортоиспытании, когда на пяти сортоучастках в регионах с низкой влагообеспеченностью показал лучшие результаты.

Не менее результативным в селекции гороха на засухоустойчивость оказался метод клеточной селекции *in vitro*, где отбор на резистентность к водному дефициту проводили на каллусных культурах, культивируемых на среде с селективным агентом. Так был создан сорт гороха Столетник, допущенный к возделыванию по Центрально-Черноземному и Северо-Кавказскому регионам.

Таким образом, методы отбора на засухоустойчивость с применением провокационных селективных сред, содержащих селективные агенты, позволяют добиться существенных практических результатов. Как итог, создание в ФНЦ ЗБК за последние 5 лет двух засухоустойчивых сортов Ягуар и Столетник, внесенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2020 и 2024 гг. соответственно.

Литература

1. Соболева Г.В., Суворова Г.Н., Бобков С.В., Уваров В.Н. Результаты селекции гороха на засухоустойчивость. // Земледелие. – 2014. – №4. – С. 21-23.
2. Новикова Н.Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1 (42). – С. 53-58.

3. Пивоваров В.Ф., Котляр И.П. Оценка среды как фона для отбора при селекции гороха овощного на адаптивность. // Овощи России. – 2012. – №1 (14). – С. 26-29.
4. Характеристики сортов растений, впервые включённых в 2020 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений. (Официальное издание). – М.: – 2020. – 303 с.
5. Характеристики сортов растений, впервые включённых в 2024 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений. (Официальное издание). – М.: – 2024. – 303 с.
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2024. – 620 с.
7. Уваров В.Н., Костикова Н.О., Задорин А.М. Результаты селекции на урожайность и качество семян гороха. // Земледелие. – 2015. – № 5. – С.40-41.
8. Новикова Н.Е., Уваров В.Н., Кондыков И.В. Использование в селекции гороха нового способа отбора по показателям роста растений на раннем этапе онтогенеза. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, – 2007. – № 6. – С. 43-45.

References

1. Soboleva G.V. Suvorova G.N., Bobkov S.V., Uvarov V.N. Results of pea breeding for drought resistance. *Zemledelie*, 2014, no.4, pp. 21-23.
2. Novikova N.E. Problems of plant drought resistance in terms of pea breeding. *Zernobobovye i krupyanые kul'tury*, 2012, no.1 (42), pp.53-58.
3. Pivovarov V.F., Kotlyar I.P. Evaluation of the environment as a background for selection in breeding vegetable peas for adaptability. *Ovoshchi Rossii*, 2012, no. (14), pp. 26-29.
4. Characteristics of plant varieties first included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use in 2020. Plant Varieties. (Official publication). Moscow, 2020, 303 p.
5. Characteristics of plant varieties first included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use in 2024. Plant Varieties. (Official publication). Moscow, 2024, 303 p.
6. State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. "Plant Varieties" (official publication).Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh », 2024, 620 p.
7. Uvarov V.N., Kostikova N.O., Zadorin A.M. Results of breeding for yield and quality of pea seeds. *Zemledelie*, 2015, no.5, pp.40-41.
8. Novikova N.E., Uvarov V.N., Kondykov I.V. Using a new method of selection in pea breeding based on plant growth indicators at the early stage of ontogenesis. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*, 2007, no. 6, pp. 43-45.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЧЕЧЕВИЦЕ БИОПРЕПАРОВ, СОДЕРЖАЩИХ КЛУБЕНЬКОВЫЕ БАКТЕРИИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Г.П. ГУРЬЕВ, кандидат биологических наук

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

Аннотация. В течение 2022-2025 гг. в полевых условиях проведены испытания разных биопрепаратов, содержащих клубеньковые бактерии как в чистом виде, так и в сочетании с препаратами полифункционального спектра действия.

В засушливые 2022-2023 годы (ГТК-гидротермический коэффициент в июне составил 0,92-1,10) испытаны препараты на основе клубеньковых бактерий – ризобофит, штамм 724 и препарат микробиоком, содержащий клубеньковые и ассоциативные микроорганизмы, фиксирующие азот, мобилизующие фосфор, стимулирующие рост растений и обладающие протекторными свойствами. Не установлено существенных различий в урожайности между контрольными вариантами и биопрепаратами.

В 2024 году (слабо засушливый) и в 2025 году (избыточное увлажнение) в июле ГТК составил 2,48 испытаны препараты, содержащие клубеньковые бактерии - (ризобин, штамм 724 и препарат Аурилл-биологический фунгицид на основе *Bacillus amiloliuiefaciens* штамм 01-1 и экобацилл на основе бактерий *Bacillus subtilis* (сенная палочка) штамм 12 501, а также штамм клубеньковых бактерий 724. Установлено, что все испытанные препараты, особенно в сочетании с препаратами клубеньковых бактерий и биологическими фунгицидами повысили урожайность чечевицы. При этом можно выделить 2025 год (избыточное увлажнение), когда достоверные прибавки урожая достигли на сорте Аида 15-36%, на сорте Фламенко 30-49%, на сорте Восточная 21-36%, а в 2024 (слабая засушливость) в тех же вариантах прибавки составили на сорте Аида 4% (ризобин+Аурилл), на сорте Фламенко 7,9%, на сорте Восточная 4,8%. Таким образом, сравнивая годы, разные по условиям влажности почвы, можно констатировать, что биологические препараты «работают» только в условиях достаточного увлажнения.

Ключевые слова: биопрепараты, клубеньковые бактерии, климатические условия, сорта чечевицы, полегаемость.

Для цитирования: Гурьев Г.П. Эффективность применения на чечевице биопрепаратов, содержащих клубеньковые бактерии, в зависимости от погодных условий. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):37-44 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-37-44

THE EFFECTIVENESS OF USING BIOPREPARATIONS CONTAINING NODULE BACTERIA ON LENTILS, DEPENDING ON WEATHER CONDITIONS

G.P. Gur'ev

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: During 2022-2025, field trials were conducted on various biopreparations containing nodule bacteria both in pure form and in combination with multifunctional spectrum preparations.

During the dry years of 2022-2023 (the hydrothermal coefficient in June was 0.92-1.10), preparations based on nodule bacteria were tested - rhizobophyte, strain 724 and the preparation microbiokom, containing nodule and associative microorganisms that fix nitrogen, mobilize

*In 2024 (slightly dry) and 2025 (excessive moisture) in July, the HTC was 2.48, preparations containing nodule bacteria were tested - (rizobin, strain 724 and preparations Auril - a biological fungicide based on *Bacillus amilolityuefaciens* strain 01-1 and ecobacilli based on *Bacillus subtilis* bacteria (hay bacillus) strain 12 501, as well as nodule bacteria strain 724. It was found that all tested preparations, especially in combination with nodule bacteria preparations and biological fungicides, increased lentil yields. In this case, the year 2025 (excessive moisture) can be singled out, when reliable yield increases reached 15-36% for the Aida variety, 30-49% for the Flamenco variety, 21-36% for the Vostochnaya variety, and in 2024 (slight drought) in the same variants the increases amounted to 4% for the Aida variety (rhizobine + Auril), 7.9% for the Flamenco variety, and 4.8% for the Vostochnaya variety. Thus, comparing years with different soil moisture conditions, it can be concluded that biological preparations "work" only under conditions of sufficient moisture.*

Keywords: biopreparations, nodule bacteria, climatic conditions, lentil varieties, lodging..

Чечевица – растение семейства Бобовые (*Fabaceae*) или Мотыльковые (*Papilionaceae*) порядка Бобовоцветные и относятся к двудольным растениям. Чечевица является одним из древнейших культурных растений с более чем четырёх тысячелетней историей. Она широко использовалась в пищевых целях в Древнем Египте, Индии и была известна в античном Риме и Греции. П.М. Жуковский полагает, что культурная чечевица происходит из районов Гималаев и Гиндукуша, а с 14 века известна и в России. Родовое название чечевицы – *Lens* произошло от английского языка *lense* – линза. Род состоит из 7 таксонов из которых культурным видом является только *Lens culinaris medik* [1, 2].

Семена чечевицы отличаются высокими вкусовыми качествами. Содержание белка 24-30%, жиров 1,4%, углеводов 52% минеральных веществ 3,2%. По разваримости они превосходят горох, нут и фасоль. В кормовых целях используется солома и половы. Содержание белка в соломе составляет 14-15%, по питательности соответствует хорошему луговому сену. Посевные площади под чечевицей в России в 2015 г. составили 35,4 тыс. га, в 2016 г. – 62,3 тыс. га, в 2017 г. – 167,4 тыс. га [3]. В 2018 г. под чечевицей занято уже 271,4 тыс. га, при этом следует отметить, что в дореволюционной России в 1913 г. площадь посевов под чечевицей составила 425 тыс. га, а в СССР к 1937 г. она достигла 1 млн га [4]. В 2023 г. площадь под чечевицей составила 354,1 тыс. га, что на 61,5% (на 134,9 тыс. га) больше, чем в 2022 г. [5]. При этом лидером является Алтайский край – более 120 тыс га в 2023 году.

Важнейшей биологической особенностью чечевицы, как и других бобовых культур является её способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями семейства *Rizobiaceae* удовлетворять свои потребности в азоте на 50-70% за счёт азота воздуха. Приведённые цифры потребления азота являются оптимальными и сильно зависят от условий возделывания данной культуры и климата. Важным приёмом для успешной симбиотической азотфиксации является предпосевная обработка семян чечевицы биопрепаратами, содержащими клубеньковые бактерии. Положительные результаты применения данного приёма отражены в ряде научных публикаций [6, 7, 8, 9].

Материал и методика исследований

Исследования были проведены в течение 2022-2025 гг. в полевых опытах на тёмно серой лесной почве со следующей агрохимической характеристикой: подвижный фосфор 12,0-21,0 (содержание повышенное), подвижный калий 15,3-16,3 (содержание повышенное), нитраты 2,48, аммонийный азот 5,8-27,8 мг/100 г. почвы, РН – 5,0-5,2 (слабо кислая), гумус 3,8-4,5.

Предшественник – озимая пшеница. Посев чечевицы при норме 2,5 млн всхожих семян проводили, как правило, в середине третьей декады мая селекционной сеялкой СКС-6 10. Испытания проводили на биопрепаратах Ризобофит на основе высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий, Микробиоком – полифункциональный препарат на основе

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. высокоэффективных азотфиксирующих, фосфатмобилизующих и биопротекторных штаммов микроорганизмов, Ризобин – на основе клубеньковых бактерий, адаптированных к чечевице, Аурилл – биологический фунгицид на основе *Bacillus_amyloliquefaciens* штамм 01-1, Экобацилл – биологический фунгицид на основе *Bacillus subtilis* штамм 12501, а также штамм клубеньковых бактерий № 724. Все биопрепараты получены нами из ВНИИСХ Крыма, штамм 724 из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Обработку семян биопрепаратами, путём равномерного перемешивания, проводили в день посева, избегая прямых солнечных лучей. Испытания во все годы проводили на трёх сортах чечевицы Аида, Фламенко и Восточная по одной схеме: 1-контроль, 2- N_{60} (60 кг азота по действующему веществу), 3- биопрепараты на основе только клубеньковых бактерий и в различных сочетаниях. Расположение вариантов – систематическое, повторность четырёхкратная. Минеральный азот в виде аммиачной селитры вносили поделяночно после посева с последующей заделкой в почву. Учётная площадь делянок, в зависимости от года, составила 6-9 м². Растительные пробы для учёта количества и массы клубеньков отбирали в динамике с каждой 1 и 3 повторности, далее 2 и 4 повторности с момента их появления и до полной деструкции. Полегаемость посевов определяли непосредственно перед уборкой по 5-балльной шкале. Расчёт баллов проводили используя следующую формулу: $B=1+(4 C) : B$, где С – высота стеблестоя, В – длина стебля, Б – баллы.

Уборку проводили прямым комбайнированием по мере созревания, как правило, в последней декаде июля (в 2025 году 7 августа) с помощью комбайнов Сампо 130 и ZURN-150. Урожайные данные обрабатывали математическим методом дисперсионного анализа.

Результаты исследований и их обсуждение

Периоды вегетации чечевицы, начиная с момента появления всходов и до цветения, в 2022-2023 гг. характеризовались как засушливые. 2024 год слабозасушливый, а 2025 резко отличался от предыдущих лет частой сменой погодных условий от засухи до переувлажнения. В целом гидротермический коэффициент (ГТК) составил в июне 2022 года (это период активного формирования клубеньков и последующей симбиотической азотфиксации для чечевицы) – 0,92 (засушливость), 2023 – 1,10 (слабая засушливость), 2024 – 1,15 (слабая засушливость), 2025 – 2,48 (избыточное увлажнение). Заметим, что температурный и водный режим почвы являются важными факторами, определяющими эффективность симбиотической азотфиксации и её продолжительность во времени.

Во все годы исследований клубеньки формировались на всех трёх сортах чечевицы, во всех вариантах, включая контрольные. В таблице 1 представлены данные по количеству и массе клубеньков на корнях чечевицы в 2022-2023 годы.

Отмечена слабая тенденция к увеличению этих показателей в вариантах с инокуляцией препаратами клубеньковых бактерий, как в чистом виде, так и в сочетании с полифункциональным микробиоком. В вариантах с минеральным азотом имела место обратная тенденция к снижению показателей симбиоза. При этом во всех вариантах период функционирования клубеньков был ограничен примерно 2-3 неделями.

В 2024-2025 годы нами была испытана другая группа биопрепаратов. Если в 2022-2023 годы был испытан полифункциональный препарат Микробиоком, направленный, главным образом, на перевод труднорастворимых фосфатов в подвижные формы, то в последующие годы проведены испытания биологических фунгицидов Аурилл и Экобацилл. Учитывая, что 2024 год был слабо засушливым, а 2025 год переувлажнённым можно было рассчитывать на результаты, полученные в контрастных условиях.

Если 2024 год характеризовался, как слабо засушливый (июнь период активного формирования и функционирования клубеньков) и сопровождался небольшой почвенной и атмосферной засухой, то 2025 год отличался неустойчивой погодой, когда сильная засушливость в мае (ГТК – 0,67) сменилась избыточным увлажнением в июне (ГТК – 2,48) и вновь засуха в июле (ГТК – 0,60), которая сменилась избыточным увлажнением в августе (ГТК – 2,32).

Влияние биопрепаратов на количество и массу клубеньков на корнях чечевицы

Вариант	2022 г. 23 июня, начало цветения		2023 г. 24 июня, бутонизация	
	Количество клубеньков, на/1 растение	Масса клубеньков, Мг/1 растение	Количество клубеньков, на/1 растение	Масса клубеньков, Мг/1 растение
Сорт Аида				
Контроль	30	30	8	20
N ₆₀	-	-	8	20
Штамм 724	43	40	30	50
Ризобофит	35	30	11	20
Ризобофит+Микробиоком	34	30	20	50
Сорт Фламенко				
Контроль	38	30	12	20
N ₆₀	-	-	13	10
Штамм 724	50	35	18	40
Ризобофит	40	40	15	30
Ризобофит+Микробиоком	47	40	20	40
Сорт Восточная				
Контроль	20	20	10	20
N ₆₀	-	-	8	10
Штамм 724	45	50	24	30
Ризобофит	40	45	20	40
Ризобофит+Микробиоком	30	30	23	30

Наличие влаги в почве, даже при неустойчивой температуре, действует положительно на увеличение количества и массы клубеньков, особенно на сортах Фламенко и Восточная (табл. 2). Нами отмечено, что во влажной почве значительно продлевается срок жизнедеятельности клубеньков.

Влияние биопрепаратов на количество и массу клубеньков на корнях чечевицы

Вариант	2024 год, 13 июня, цветение		2025 год, 24 июня, цветение	
	Количество клубеньков, на/1 растение	Масса клубеньков, мг/1 растение	Количество клубеньков, на/1 растение	Масса клубеньков, мг/1 растение
Сорт Аида				
Контроль	18	20	10	11
N ₆₀	6	10	10	12
Штамм 724	11	20	8	13
Ризобин+Аурилл	11	15	23	29
Ризобин+Экобацилл	7	15	27	29
Сорт Фламенко				
Контроль	6	15	10	15
N ₆₀	4	10	13	18
Штамм 724	5	25	23	32
Ризобин+Аурилл	4	10	16	28
Ризобин+Экобацилл	4	10	45	50
Сорт Восточная				
Контроль	5	10	21	31
N ₆₀	4	5	25	40
Штамм 724	8	20	25	37
Ризобин+Аурилл	14	20	22	37
Ризобин+Экобацилл	8	10	17	26

Контрастные по климату 2024-2025 годы позволили выявить из трёх испытанных сортов наиболее устойчивые к полеганию (табл. 3). Как в условиях слабой засухи, так и в условиях переувлажнения средний балл на сорте Фламенко 4,8, на сорте Восточная 3,8, на сорте Аида 3,3.

Таблица 3

Полегаемость чечевицы к моменту уборки (баллы)

Вариант	2024 год			2025 год		
	Сорт Аида	Сорт Фламенко	Сорт Восточная	Сорт Аида	Сорт Фламенко	Сорт Восточная
Контроль	3,4	4,9	3,4	3,2	4,8	3,7
N ₆₀	3,4	4,9	3,4	3,1	4,7	3,9
Штамм 724	3,4	4,6	3,4	3,2	5,0	4,1
Ризобин+Аурилл	3,2	4,8	3,9	3,6	4,8	3,6
Ризобин+Экобацилл	3,2	4,6	3,7	3,6	4,8	3,6
Среднее по вариантам	3,3	4,8	4,8	3,3	4,8	3,8

Основным интегральным итогом применения элементов технологии возделывания культуры является урожай (табл. 4). Как следует из таблицы 4 препараты клубеньковых бактерий, как в чистом виде (ризобофит и штамм 724), так и в сочетании с полифункциональным препаратом (микробиоком), способствующим переводу труднодоступных фосфатов в подвижные формы, не оказали заметного влияния на урожайность чечевицы.

Таблица 4

Влияние биопрепаратов на урожайность чечевицы.

Вариант	Годы						
	2022		2023				
	т/га	Достоверные прибавки		т/га	Достоверные прибавки		
		т/га	%		т/га	%	
Сорт Аида							
Контроль	2,63	-	-	2,44	-	-	
N ₆₀	-	-	-	2,56			
Штамм 724	2,86	0,23	8,7	2,46			
Ризобофит	2,66			2,26			
Ризобофит+ Микробиоком	2,58			2,38			
HCP ₀₅	0,12			0,15			
Сорт Фламенко							
Контроль	2,43			1,98			
N ₆₀	-			2,34	0,36	18	
Штамм 724	2,36			2,17			
Ризобофит	2,47			2,12			
Ризобофит+ Микробиоком	2,29			2,13			
HCP ₀₅	0,12			0,21			
Сорт Восточная							
Контроль	2,39	-	-	2,15			
N ₆₀	-	-	-	2,22			
Штамм 724	2,62	0,23	9,6	1,89			
Ризобофит	2,56	0,17	7,1	1,95			
Ризобофит+ Микробиоком	2,24			1,96			
HCP ₀₅	0,12			0,13			

Применение препарата Микробиоком не привело к положительному результату, что вполне логически объяснимо наличием повышенного количества подвижного фосфора и недостатком влаги в почве.

Совершенно другие результаты по урожайности (табл. 5) получены в 2024-2025 гг. (особенно в 2025 г., избыточно увлажнённым) при испытании биопрепаратов другого направления. Это препараты Аурилл и Экобацилл, являющиеся биологическими фунгицидами, содержащими в своей основе бациллярные микроорганизмы рода *Bacillus* и являющиеся антагонистами различных фитопатогенов, вызывающих корневые гнили, чему способствует сырая погода.

Таблица 5

Влияние биопрепаратов на урожайность чечевицы.

Вариант	Годы					
	2024		2025			
	т/га	Достоверная прибавка	т/га	%	т/га	Достоверная прибавка
		т/га				
Сорт Аида						
Контроль	2,72	-	-	1,40	-	-
N ₆₀	3,04	0,32	11,8	1,90	0,50	35
Штамм 724*	2,72			1,62	0,22	15
Ризобин+ Аурилл	2,83	0,11	4,0	1,91	0,51	36
Ризобин+ Экобацилл	2,80			1,80	0,40	29
HCP ₀₅	0,08					
Сорт Фламенко						
Контроль	2,54	-	-	1,42	-	-
N ₆₀	2,83	0,29	11,4	1,70	0,28	20
Штамм 724*	2,86	0,32	12,6	1,84	0,42	30
Ризобин+ Аурилл	2,74	0,20	7,9	2,12	0,70	49
Ризобин+ Экобацилл	2,96	0,42	16,5	1,98	0,56	39
HCP ₀₅	0,08			0,25		
Сорт Восточная						
Контроль	2,72	-	-	1,59	-	-
N ₆₀	2,81	0,09	3,3	1,88	0,29	18
Штамм 724*	2,91	0,19	7,0	1,93	0,34	21
Ризобин+ Аурилл	2,85	0,13	4,8	2,17	0,58	36
Ризобин+ Экобацилл	2,86	0,14	5,1	1,98	0,39	25
HCP ₀₅	0,08			016		

*-- в 2025 году штамм 724 был заменён на Ризобин

Прибавки урожая чечевицы в вариантах с Ризобином составили 15-30%, в вариантах «Ризобин+Экобацилл» 25-39% и самые большие в вариантах с Ризобином в сочетании с Ауриллом – 36-49%. В слабо засушливом 2024 году биопрепараты также оказали положительное действие на урожайность чечевицы, хотя в значительно меньшей степени. При этом мало отзывчивым на применение препаратов оказался сорт Аида.

При сопоставлении влияния биопрепаратов в зависимости от климатических условий на количество и массу клубеньков при слабой тенденции к увеличению этих показателей, в засушливые периоды вегетации чечевицы эти величины в 2025 году (переувлажнение) были

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. существенно выше, а функционирование клубеньков не ограничивалось 2-3 неделями, как в засушливые годы, а продолжалось до полного цветения, примерно на 10 дней больше.

Заключение

Проведённые испытания препаратов клубеньковых бактерий, как в чистом виде (Ризобофит, Ризобин, штамм 724) так и сочетании с препаратами разными по функциональному значению (Микробиоком, Аурилл, Экобацилл) имели разную эффективность, которая находилась в прямой зависимости от климатических условий.

В засушливые годы эффективность всех биопрепаратов и их влияние на симбиотическую азотфиксацию резко снижается. Самая высокая эффективность препаратов, особенно Аурилла и Экобацилла в сочетании с Ризобином, зафиксирована в 2025 году (ГТК-2,48 в июне, избыточное увлажнение). Препарат «Микробиоком» на основе фосфатмобилизующих бактерий, испытанный в 2022-2023 гг. на фоне высокого содержания подвижных форм фосфора в почве, не оказал положительного действия на урожай чечевицы.

Среди трёх испытанных сортов наиболее отзывчивыми на применение биопрепаратов и, как следствие, на симбиотическую азотфиксацию оказались сорта чечевицы Фламенко и Восточная. Практически устойчивым к полеганию, даже в условиях избыточного увлажнения, показал себя сорт Фламенко.

Литература

1. Суворова Г.Н., Иконников А.В., Павловская Н.Е., Корниенко Н.Н., Шипилова Н.А., Уварова О.В. Характеристика межвидовых гибридов чечевицы *Lens culinaris* x *Lens orientalis*. // В сб.: Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. – Орёл. – 2008. – С. 323-331.
2. Кондыков И.В. Культура чечевицы в мире и Российской Федерации. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28). – С. 12-20.
3. Ятчук П.В. Современное состояние производства чечевицы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28). – С. 110-112.
4. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С.6 -13.
5. <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-chechevicy---klyuchevye-tendencii> (дата посещения 26.10.2025)
6. Гурьев Г.П., Суворова Г.Н. и др. Оценка влияния биопрепаратов на структурные элементы симбиоза (клубеньки) и урожайность чечевицы в условиях Орловской области и Республики Крым. // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – №3 (35). – С. 33-41.
7. Гурьев Г.П., Донская М.В., Донской М.М и др. Влияние микробиологических препаратов и предшественника на формирование симбиотического аппарата, урожайность и агрохимические показатели при возделывании чечевицы, нута и чины. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – №1(49). – С. 10-18. DOI: 10.24412/2309-348X -2024-1-10-18.
8. Ханиева И.М., Чапаев Т.М., Гешева М.В. Способы возделывания чечевицы в биологическом земледелии. // В сборнике статей международного научно - исследовательского конкурса. Петрозаводск. – 2019. – С. 65-73.
9. Турина Е.А., Дидович С.В., Кулинич Р.А. Применение полифункциональных препаратов при выращивании бобовых культур в Крыму. // Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 31-33.

References

1. Suvorova G.N., Ikonnikov A.V., Pavlovskaya N.E., Kornienko N.N., Shipilova N.A., Uvarova O.V. Characteristics of interspecific lentil hybrids *Lens culinaris* x *Lens orientalis*. In: Improving the sustainability of agricultural crop production in modern conditions, Orel, 2008, pp. 323-331. (In Russ.)
2. Kondykov I.V. Lentil culture in the world and the Russian Federation. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury*, 2018, no. 4(28), pp. 12-20. (In Russ.)
3. Yatchuk P.V. Current state of lentil production. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury*, 2018, no. 4(28), pp. 110-112. (In Russ.)

4. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Naumkin V.V. Pulses are an important factor in sustainable, environmentally oriented agriculture. *Zernobobovye i krupyanymi kul'tury*, 2016, no. 1(17), pp.6 -13. (In Russ.)
5. <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-chechevicy--klyuchevye-tendencii> (accessed 26.10.2025) (In Russ.)
6. Gur'ev G.P., Suvorova G.N. i dr. Evaluation of the influence of biopreparations on the structural elements of symbiosis (nodules) and the yield of lentils in the conditions of the Oryol region and the Republic of Crimea. *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*, 2023, no. 3 (35), pp. 33-41. (In Russ.)
7. Gur'ev G.P., Donskaya M.V., Donskoi M.M et al. The influence of microbiological preparations and precursors on the formation of the symbiotic apparatus, yield and agrochemical indicators in the cultivation of lentils, chickpeas and vetch. *Zernobobovye i krupyanymi kul'tury*, 2024, no. 1(49), pp.10-18. DOI: 10.24412/2309-348X -2024-1-10-18. (In Russ.)
8. Khanieva I.M., Chapaev T.M., Gesheva M.V. Methods of lentil cultivation in organic farming. In: Collection of articles from the international research competition. Petrozavodsk. 2019, pp. 65-73. (In Russ.)
9. Turina E.A., Didovich S.V., Kulinich R.A. The use of multifunctional preparations in growing legumes in Crimea. *Zemledelie*, 2015, no. 2, pp. 31-33. (In Russ.)

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯНТОВ И ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН НА ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕЗА НУТА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

М.Ф. КРЫЛОВА, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии,
E-mail: mari-masalova@yandex.ru

О.Г. ВОЛОБУЕВА, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-5422-0792,
E-mail: ovolobueva@list.ru

М.В. ДОНСКАЯ*, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: nmaria_87@mail.ru

Ю.В. ЛАКТИОНОВ**, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-6241-0273,
E-mail: laktionov@list.ru

РГАУ – МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

*ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МИКРОБИОЛОГИИ»

Аннотация. В статье представлены результаты полевых исследований по изучению влияния Ризоторфина на основе бактерий рода *Mesorhizobium ciceri* (штаммы 522, 527, 2113) и защитно-стимулирующего комплекса (ЗСК) на онтогенез нута (*Cicer arietinum L.*) – сортов Аватар и Золотой юбилей в условиях Центрального Нечерноземья. Совместная предпосевная обработка семян нута микробиологическими препаратами и защитно-стимулирующим комплексом увеличила в лабораторных условиях энергию прорастания на 3-6%, а всхожесть на 2-10%. Совместное применение защитно-стимулирующего комплекса и Ризоторфина способствовало увеличению количества клубеньков на корнях растений в 1,8-2,4 раза, по сравнению с вариантом без обработки. Выявлен синергетический эффект от совместного использования ЗСК и инокулянтов, способствующий усилению симбиотической активности и биометрических показателей растений.

Ключевые слова: нут, Аватар, Золотой юбилей, *Mesorhizobium ciceri*, защитно-стимулирующий комплекс, онтогенез, межфазные периоды, симбиотическая активность.

Для цитирования: Крылова М.Ф., Волобуева О.Г., Донская М.В., Лактионов Ю.В. Влияние инокулянтов и защитно-стимулирующего комплекса при обработке семян на особенности онтогенеза нута в условиях Центрального Нечерноземья. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):45-51 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-45-51

THE EFFECT OF INOCULANTS AND A PROTECTIVE-STIMULATING COMPLEX DURING SEED TREATMENT ON THE FEATURES OF CHICKPEA ONTOGENESIS IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

M.F. Krylova, O.G. Volobueva, M.V. Donskaya*, Y.V. Laktionov**

RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW

K.A. TIMIRYAZEV AGRICULTURAL ACADEMY

*FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**FSBSI ALL-RUSSIAN RI OF AGRICULTURAL MICROBIOLOGY

Abstract: The article presents the results of field studies on the effect of Rhizotorphin based on bacteria of the genus *Mesorhizobium ciceri* (strains 522, 527, 2113) and protective-stimulating complex (PSC) on the ontogenesis of chickpeas (*Cicer arietinum L.*) varieties Avatar and Golden

Jubilee in the conditions of the Central Non-Chernozem region. Joint pre-sowing treatment of chickpea seeds with microbiological preparations and PSK increased germination energy by 3-6% in laboratory conditions, and germination by 2-10%. The combined use of a protective-stimulating complex and Rhizotorphin contributed to an increase in the number of nodules on plant roots by 1.8 – 2.4 times, compared with the untreated version. A synergistic effect from the combined use of PSC and inoculants has been revealed, contributing to the enhancement of symbiotic activity and biometric parameters of plants.

Keywords: chickpeas, Avatar, Golden jubilee, *Mesorhizobium ciceri*, protective-stimulating complex, ontogenesis, interphase periods, symbiotic activity.

Введение

Нут – одна из важных высокобелковых культур [1, 2]. Данная культура отличается от других сельскохозяйственных культур высоким содержанием некрахмалистых полисахаридов, низкой калорийностью, низкой аллергенностью и высокой усвояемостью. Посевные площади под нутом возрастают как в мире, так и в Российской Федерации. Согласно аналитическим данным мировые площади выращивания нута по состоянию на 2021 год занимали 15 004,9 тыс. га. За 10 лет они выросли на 17,1%, за 20 лет – на 57,8%. Валовый сбор нута в мире за последние 10 лет увеличился на 35%. В РФ пашня под нутом увеличилась с 23 тыс. га (2000 г.) до 804 тыс. га (2024 г.), т.е. разница в 34,9 раза, а валовый сбор зерна составил в 2000 г. – 32 тыс. тонн, в 2024 – 811 тыс. тонн [3].

Формирование будущего урожая начинается с момента посева до появления всходов. Для получения дружных, развитых и здоровых всходов необходимо проведение комплекса агротехнологических приемов. В свою очередь они включают подготовку почвы, глубину посева, применение химических проправителей, обработку различными удобрениями и биостимуляторами и т.д. Для бобовых культур, бесспорно, на старте важным агротехническим приемом является инокулирование семян [4-6].

В связи с вышеизложенным, становится актуальной разработка устойчивых сортомикробных систем нута и повышение их функционирования за счет использования полифункциональных стимуляторов роста.

Цель исследования – изучить влияние инокулянтов и защитно-стимулирующего комплекса при обработке семян на особенности онтогенеза нута в условиях Центрального Нечерноземья.

Материалы и методы исследований

В опыте использовались сорта нута – Аватар и Золотой юбилей. Сорт Аватар селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, включен в Госреестр по Центрально-Черноземному региону. Растение средней высоты (45-65 см), содержание белка до 22%, средняя урожайность составляет 28,2 ц/га. Сорт нута Золотой юбилей (ФАНЦ Юго-Востока) включен в Госреестр для всех зон возделывания культуры, получен путем индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания сорта Юбилейный х к-2405. Куст прямостоячий, средней высоты (32-60 см), содержание белка – 27,7%. Средняя урожайность 16 ц/га. В качестве инокулянта был использован Ризоторфин на основе бактерий рода *Mesorhizobium ciceri* (штамм 522, штамм 527, штамм 2113). Штаммы были предоставлены ВНИИСХМ (Санкт-Петербург). Для стимуляции ростовых процессов применялся защитно-стимулирующий комплекс (ЗСК), который представляет дрожжевой экстракт, полученный путем микробиологической ферментации. Производитель препарата – АГРОРЕЦИКЛИНГ-ГРУПП, г. Санкт-Петербург. В его состав входят биологически активные вещества: фитогормоны, витамины группы В, С, Е, аминокислоты, комплекс минеральных веществ, а также производные гумулона.

Вегетационный период за годы исследований характеризовался как избыточно увлажненный. Гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова в сезоне 2023 г. – 1,5; 2024 г. – 1,5; 2025 г. – 2,1. Сумма активных температур за вегетационный период 2023 г. составила 2020°C, в 2024 г. зафиксирована на отметке 2211°C и в 2025 составила 2069°C.

Полевые исследования проводились на опытном поле РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева в 2023-2025 г. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая.

Агрохимические показатели слоя 0-20 см перед закладкой опыта имели следующий вид: низкое содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 2,7%, очень высокое и повышенное содержание подвижного фосфора и калия (ГОСТ 26207-91) – 301 мг/кг и 127 мг/кг почвы соответственно, слабокислая реакция рН_{КС} (ГОСТ 26483-85) – 5,3, гидролитическая кислотность (ГОСТ 6212-91) составила 2,5 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 11,9 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 83%.

Определение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян нута проводилось в соответствии с ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Учет прорастания семян проводили на 3-и сутки – определяли энергию прорастания и на 7-е сутки – определяли лабораторную всхожесть и биометрические показатели проростков.

Посев семян нута в полевых условиях проводился ручным способом. Способ посева широкорядный – 33 см, глубина заделки семян составляла 4-5 см. Норма высева семян – 400 тыс. шт./га. Размер опытных делянок составлял 1,7 м², учетной – 1 м². Повторность эксперимента трехкратная. Расположение делянок – последовательное. Полевая всхожесть и биометрические показатели растений нута определяли в фазу цветение. Учет всхожести проводился со всей площади исследования, для учета биометрических показателей рандомно с каждого варианта по повторностям отбирались растения с площади 0,25 м². Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Statistica.

Результаты и обсуждение

Обработка семян нута рострегулирующими препаратами способна в разной степени повлиять на посевные качества культуры [7]. Различные способы обработки семян в лабораторных условиях показали неоднозначное действие на посевные качества. Энергия прорастания семян по всем вариантам опыта изменялась в пределах от 77 до 85% (табл. 1). Проведенные измерения проростков нута на 7-е сутки выявили увеличение лабораторной всхожести семян по отношению к энергии прорастания на 2-10%. Стоит отметить, что наилучшие результаты по двум изучаемым показателям были установлены в вариантах с проведением инокуляции штаммами 522 и 527. Значения, полученные в вариантах с обработкой семян только ЗСК и при совместной обработке ЗСК со штаммами не отличались или были приближены к значениям в контрольном варианте. Проведенная оценка морфометрических показателей проростков нута не выявила существенных изменений между вариантами.

Таблица 1

Влияние различных инокулянтов, защитно-стимулирующего комплекса и их комбинации на энергию прорастания и всхожести семян растений нута

Сорт	Вариант	Энергия прорастания %	Всхожесть, %	Длина, см		Сырая масса проростка, г
				проростка	корешка	
Аватар	Контроль	77	85	2,2	2,8	0,22
	Штамм 522	80	95	2,0	3,0	0,24
	Штамм 527	81	93	2,0	2,9	0,25
	Штамм 2113	80	90	2,2	3,0	0,24
	ЗСК	77	87	2,2	2,7	0,23
	ЗСК + 522	80	87	2,4	2,8	0,25
	ЗСК + 527	83	87	2,4	3,0	0,24
	ЗСК + 2113	80	85	2,2	2,8	0,23
	HCP ₀₅			0,2	0,2	0,03

Золотой Юбилей	Контроль	80	83	2,2	3,1	0,26
	Штамм 522	83	92	2,2	2,9	0,28
	Штамм 527	85	90	2,1	3,1	0,27
	Штамм 2113	80	93	2,1	3,1	0,27
	ЗСК	78	83	2,0	3,2	0,25
	ЗСК + 522	80	85	2,2	3,3	0,28
	ЗСК + 527	81	87	2,3	3,0	0,27
	ЗСК + 2113	80	83	2,3	3,1	0,28
	HCP ₀₅			0,3	0,2	0,02

Одним из главных факторов, предопределяющим продолжительность вегетационного периода и в целом продуктивность нута, являются погодные условия [8, 9]. В среднем, за годы наблюдений, вегетационный период растений нута составил 103 дня (табл. 2). Появление всходов нута отмечалось через 9 дней, межфазный период всходы – бутонизация составлял 33 дня, от бутонизации до цветения растения проходили за две недели, период цветение – созревание длился 44 дня. В 2023 году период созревания нута составил 100 дней в условиях избыточного увлажнения (ГТК – 1,5). Погодные условия 2024 г. по увлажнению были схожи с 2023 г., однако сумма активных температур была выше на 191°C, что повлияло на сроки созревания. Вегетационный период нута в 2024 г. составил 97 дней. Сезон 2025 г. по увлажнению отличался от предыдущих (ГТК – 2,1), что не могло не отразиться на период вегетации растений – 110 дней. Сортовые особенности культуры и приемы обработки семян препаратами, не оказали влияние на межфазные периоды и вегетационный период нута.

Таблица 2
Влияние инокулянтов и защитно-стимулирующего комплекса на продолжительность межфазных периодов и вегетационного периода нута, дни

Сорт	Вариант	Посев – всходы	Всходы – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – созревание	Период вегетации
Аватар	Контроль	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	522	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	527	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	2113	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	ЗСК	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	ЗСК+522	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	ЗСК+527	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	ЗСК+2113	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)

Золотой Юбилей	Контроль	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	522	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	527	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	2113	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	3СК	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	3СК+522	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	3СК+527	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)
	3СК+2113	9-8-11 (9)	33-35-32 (33)	15-13-17 (15)	43-39-50 (44)	100-97-110 (103)

За весь период проведенных исследований (2023-2025 гг.) на корнях растений фиксировалось образование клубеньков. При этом образование клубеньков происходило как на растениях, обработанных штаммами бактерий, так без применения инокуляции. Данное явление обусловлено наличием спонтанной микробиоты почвы, которая способна вступать в симбиоз с растениями нута, почвенно-климатическими условиями, режимом минерального азота почвы, сортовыми особенностями и вторичным заражением растений бактериями *Mesorhizobium ciceri* от ранее проведенной инокуляции [10].

Таблица 3

Влияние ростстимулирующих препаратов на клубенькообразующую способность растений нута разных сортов (г/растение)

Сорт	Вариант	Количество клубеньков, шт.	Масса клубеньков, г	Масса корней с клубеньками, г
Аватар	Контроль	8,7	0,27	0,93
	Штамм 522	17,3	0,95	1,73
	Штамм 527	17,7	0,95	1,95
	Штамм 2113	15,7	0,82	1,78
	3СК	12,0	0,36	1,03
	3СК + 522	21,0	1,30	2,38
	3СК + 527	22,3	1,38	2,53
	3СК + 2113	20,0	1,18	2,18
	HCP₀₅	3,62	0,28	0,46
Золотой Юбилей	Контроль	5,0	0,33	0,94
	Штамм 522	12,0	1,00	1,46
	Штамм 527	12,7	1,03	1,58
	Штамм 2113	10,7	0,95	1,39
	3СК	6,0	0,45	1,05
	3СК + 522	17,7	1,24	2,72
	3СК + 527	17,7	1,27	2,79
	3СК + 2113	13,7	1,11	2,58
	HCP₀₅	1,96	0,22	0,26

Наименьшее количество и масса клубеньков отмечалась в контрольном варианте и с обработкой защитно-стимулирующим комплексом в чистом виде, т.е. без инокуляции (табл.

3). Использование микробиологических препаратов при обработке семян, достоверно повлияло на образование клубеньков у растений нута сорта Аватар и Золотой Юбилей. В результате бобово-ризобиальных взаимодействий на корнях растений нута количество клубеньков увеличилось на 6,4 шт., а масса на 0,60 г. по отношению к вариантам без обработки и с обработкой ЗСК. При совместном использование различных штаммов и ЗСК наблюдался синергетический эффект. Количество клубеньков и масса клубеньковой ткани достоверно повысились при обработке семян комбинацией рострегулирующих препаратов. Повышение симбиотической активности растений нута разных сортов отмечается в вариантах опыта ЗСК +522 и ЗСК + 527. Полученные результаты соответствуют ранее проведенным исследованиям [11, 12]. Таким образом, в условиях Центрального Нечерноземья симбиотическая активность растений нута сортов Аватар и Золотой Юбилей повышалась при совместной обработке семян защитно-стимулирующим комплексом и штаммами 522 и 527.

Выводы

1. Предпосевная обработка семян нута микробиологическими препаратами совместно с защитно-стимулирующим комплексом улучшает посевые качества. В лабораторных условиях энергия прорастания увеличилась на 3-6%, всхожесть семян повысилась на 2-10% к контрольному варианту.

2. Вегетационный период нута в условиях Московской области в период с 2023-2025 гг., в основном, определялся складывающимися погодными условиями и изменялся в интервале от 100 до 110 дней.

3. Предпосевная инокуляция семян нута сортов Аватар и Золотой Юбилей различными штаммами бактерий оказывает эффективное воздействие на формирование бобово-ризобиальной системы. Количество клубеньков на корнях растений увеличилось в 1,8-2,4 раза, а их масса – в 3,0-3,3 раза, по сравнению с вариантом без обработки.

4. Обработка семян растений нута разных сортов только защитно-стимулирующим комплексом без инокуляции не оказала влияния на изучаемые параметры. Наилучшие результаты в опыте получены при совместном применении микроорганизмов и защитно-стимулирующего комплекса.

Литература

1. Донская М.В., Донской М.М. Использование микробиологических препаратов при возделывании перспективных сортов нута и чины в Орловской области. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1 (45). – С. 33-39. DOI:10. 24412/2309-348X-2023-1-33-39
2. Шукис С.К., Шукис Е.Р. Нут - перспективная культура. // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 2. – С. 7-11.
3. Крылова М.Ф., Волобуева О.Г., Белопухов С.Л., Крылов В.А. Эффективность сочетаний различных видов удобрений в технологии возделывания нута (Обзор). // Агрохимический вестник. – 2024. – № 4. – С. 85-90.
4. Маркова О.В., Гарипова С.Р. Эффект от инокуляции фасоли эндофитными бактериями, выделенными из клубеньков. // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 4. – С. 32-36.
5. Лыгин А.В., Белов Д.А., Крылов В.А., Крылова М.Ф. Влияние фунгицидных проправителей и инокулянта на продуктивность сои в условиях производственного опыта. // Земледелие. – 2023. – № 4. – С. 44-47.
6. Алешин М.А., Завалин А.А. Реакция гороха на азотное удобрение и инокуляцию семян ризоторфином на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности. // Агрохимия. – 2023. – № 6. – С. 22-38.
7. Джафарова Р.И.К., Щукин В.Б., Ильясова Н.В. Влияние регуляторов роста на посевые качества семян и морфофизиологические показатели растений нута в начальный период их роста и развития. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5 (67). – С. 67-70.
8. Куришбаев А.К., Хасанова Г.Ж., Шавруков Ю.Н., Джатаев С.А., Турбекова А.С., Ошергина И.П. Оценка коллекции нута по основным элементам продуктивности в условиях

Казахстана. // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2019. – № 4 (103). – С. 54-64.

9. Турина Е.Л., Пташник О.П., Кулинич Р.А. Пути повышения продуктивности зернобобовых культур в Крыму. // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1 (3). – С. 42-45.

10. Гурьев Г.П. Влияние внешних факторов среды на функционирование бобово-ризобиального симбиоза у гороха. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 4 (16). – С. 22-27.

11. Донская М.В. Оценка коллекционного материала нута в условиях северной части ЦЧР. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4 (12). – С. 59-66.

12. Волобуева О.Г., Крылова М.Ф. Изучение особенностей взаимодействия растений нута (*Cicer arietinum*) и его микросимбионтов (*Mesorhizobium sp.*). // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 1 (49). – С. 19-27. DOI:10. 24412/2309-348X-2024-1-19-27

References

1. Donskaya M.V., Donskoi M.M. The use of microbiological preparations in the cultivation of promising varieties of chickpeas and lathyrus in the Oryol region. *Zernobobovye i krupyaneye kul'tury*, 2023, no. 1 (45), pp. 33-39. DOI: 10. 24412/2309-348X-2023-1-33-39
2. Shukis S.K., Shukis E.R. Chickpeas are a promising crop. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2018, no. 2, pp. 7-11.
3. Krylova M.F., Volobueva O.G., Belopukhov S.L., Krylov V.A. Efficiency of combinations of different types of fertilizers in chickpea cultivation technology (Review). *Agrokhimicheskii vestnik*, 2024, no. 4, pp. 85 - 90.
4. Markova O.V., Garipova S.R. The effect of inoculation of beans with endophytic bacteria isolated from nodules. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2022, no. 4, pp. 32 - 36.
5. Lygin A.V., Belov D.A., Krylov V.A., Krylova M.F. The influence of fungicidal seed dressings and inoculants on soybean productivity under production experimental conditions. *Zemledelie*, 2023, no. 4, pp. 44 - 47.
6. Aleshin M.A., Zavalin A.A. Pea response to nitrogen fertilization and seed inoculation with rhizotorphin on sod-podzolic soil with varying degrees of cultivation. *Agrokhimiya*, 2023, no. 6, pp. 22 - 38.
7. Dzhafarova R.I.K., Shchukin V.B., Il'yasova N.V. The influence of growth regulators on the sowing qualities of seeds and morphophysiological parameters of chickpea plants in the initial period of their growth and development. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 5 (67), pp. 67-70.
8. Kurishbaev A.K., Khasanova G.Zh., Shavrukova Yu.N., Dzhataev S.A., Turbekova A.S., Oshergina I.P. Evaluation of chickpea collection based on key productivity elements in Kazakhstan. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seifullina*, 2019, no. 4 (103), pp. 54-64.
9. Turina E.L., Ptashnik O.P., Kulinich R.A. Ways to increase the productivity of grain legumes in Crimea. *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*, 2015, no. 1 (3), pp. 42-45.
10. Gur'ev G.P. The influence of external environmental factors on the functioning of legume-rhizobium symbiosis in peas. *Zernobobovye i krupyaneye kul'tury*, 2015, no. 4 (16), pp. 22 - 27.
11. Donskaya M.V. Evaluation of chickpea collection material in the conditions of the northern part of the Central Black Earth Region. *Zernobobovye i krupyaneye kul'tury*, 2014, no. 4 (12), pp. 59 - 66.
12. Volobueva O.G., Krylova M.F. Study of the interaction characteristics of chickpea plants (*Cicer arietinum*) and its microsymbionts (*Mesorhizobium sp.*). *Zernobobovye i krupyaneye kul'tury*, 2024, no. 1 (49), pp. 19 - 27. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-19-27

НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И СОДЕРЖАНИЕ ЗОЛЫ В РАСТЕНИЯХ НУТА И ЧИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

М.В. ДОНСКАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-6257-0576, E-mail: nmaria_87@mail.ru

М.М. ДОНСКОЙ, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.О. КОСТИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье представлены результаты изучения эффективности применения микробиологических препаратов на различных сортах нута и чины. Исследования проводили в 2020-2022 гг. в лаборатории генетики и биотехнологии ФНЦ ЗБК. Оценивали влияние биопрепаратов на накопление биомассы, а также содержание золы в растениях и урожайность зерна. Установлено, что микробиологические препараты оказали положительное влияние на накопление биомассы и содержание золы растениями нута и чины. Масса растений у сортов нута увеличивалась до 21,2%, у чины до 35,1% по сравнению с контролем. Содержание золы в растениях нута, в среднем за три года, составило 7,4%; у чины – в надземной массе 5,8%, в корнях 7,0%. Наибольший положительный эффект наблюдался у нута от инокуляции азотфиксирующими бактериями *Mesorhizobium ciceri* штамм 527 и препаратом Микробиокомагро, у чины с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобинагро.

Ключевые слова: нут, чина, сорт, биопрепараты, зола, урожайность.

Для цитирования: Донская М.В., Донской М.М., Костикова Н.О. Накопление биомассы и содержание золы в растениях нута и чины под влиянием микробиологических препаратов. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):52-59 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-52-59

BIOMASS ACCUMULATION AND ASH CONTENT IN CHICKPEA AND LATHYRUS UNDER THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS

M.V. Donskaya, M.M. Donskoi, N.O. Kostikova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: This article presents the results of a study on the effectiveness of microbiological treatments on various chickpea and lathyrus. The research was conducted in 2020-2022 at the FSC LGC Genetics and Biotechnology Laboratory. The influence of biopreparations on the accumulation of biomass, as well as the ash content in plants and grain yield, was assessed. It was found that microbiological preparations had a positive effect on the accumulation of biomass and ash content of chickpea and lathyrus plants. The plant weight in chickpea varieties increased to 21.2%, in lathyrus to 35.1% compared to the control. The ash content in chickpea plants, on average over three years, was 7.4%; in lathyrus - 5.8% in the above-ground mass, 7.0% in the roots. The greatest positive effect was observed in chickpeas from inoculation with nitrogen-fixing bacteria *Mesorhizobium ciceri* strain 527 and preparation Microbiokom^{agro}, in lathyrus with *Rhizobium leguminosarum* str. 2803 and Rizobin^{agro}.

Keywords: chickpea, lathyrus, variety, biopreparations, ash, yield.

Нут и чина являются важными зернобобовыми культурами в сельскохозяйственном производстве многих стран мира. Их зерно – источник многих ценных веществ, в том числе

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. белка, минеральных веществ и витаминов. Нут благодаря сбалансированному аминокислотному составу и большому содержанию метионина и триптофана по питательной ценности превосходит многие зернобобовые культуры [1, 2, 3].

Получены экспериментальные данные, свидетельствующие, что применение высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий на нуте и чине повышет продуктивность растений, обеспечивая прибавку урожая семян. При этом отмечается повышение качества зерна [4, 5, 6].

В настоящее время интерес представляет изучение влияния бактериальных препаратов на общее содержание минеральных веществ в различных частях растений, о чем может свидетельствовать содержание в них золы.

Содержание золы – это масса неорганического остатка, остающегося после испарения воды и сжигания органической материи, которая характеризует общее содержание минеральных веществ в пробе. Зольность – это процентное соотношение несгораемого остатка неорганических веществ к общей массе продукции.

Количественные и качественные изменения в содержании азота и зольных веществ в растениях служат одним из показателей характеристики условий их минерального питания. Наблюдения за изменениями в зольном составе растений позволяют не только узнать недостающие элементы питания, но и предусмотреть необходимые меры по предотвращению токсичного действия на растения повышенных доз некоторых элементов [Евсевич К.М., 1969]. Значения зольности бобовых достоверно различаются при действии различной величины техногенного загрязнения, что подтверждает возможность использования данного критерия этих растений для индикации загрязнения атмосферного воздуха [7]. Содержание зольных веществ определяется отношением исследуемого образца к определенным органам и тканям растений. Так, наибольшее содержание золы присутствует в листьях травянистых растений, среднее в стеблях и корнях, и самое небольшое в семенах [Ермаков А.И. с соавт., 1987].

Состав и содержание зольных элементов в фитомассе зависят от возраста, состояния растений, почвенно-климатических условий их произрастания [Ковалевский В.П., 1974]. Содержание зольных элементов в листьях различных видов растений, в первую очередь, определяется внутренними структурными особенностями (генотипически) и внешними характеристиками качества окружающей среды. К факторам внешней среды, определяющим зольный состав растительных тканей, относятся: почвенные условия, температура, интенсивность осадков [8].

Цель исследований – определение влияния микробиологических препаратов на накопление биомассы, а также содержание золы в частях растений нута и чинь.

Материал и методы исследований

Материалом для исследований служили растения нута (сорт Аватар и Краснокутский 123) и сорт чинь Славянка (рис. 1). Аватар и Славянка – селекции ФНЦ ЗБК [9], Краснокутский 123 – селекции ФГБНУ «Краснокутская СОС НИИСХ Юго-востока». Полевые исследования проводили в севообороте лаборатории генетики и биотехнологии, лабораторные – в лаборатории физиологии и биохимии растений в 2020-2022 годах.

Схема посева включала следующие варианты: 1. контроль (без обработок); 2. инокуляция семян перед посевом азотфиксирующими бактериями (для нута - *Mesorhizobium ciceri* штамм 527, для чинь - *Rhizobium leguminosarum* штамм 2803); 3. обработка семян перед посевом препаратом Ризобин^{агро}; 4. обработка семян перед посевом препаратом Микробиоком^{агро}.

Микробиологические препараты были получены из ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург) и ФГБУН «НИИ сельского хозяйства Крыма» (г. Симферополь).

Ризобин^{агро} – микробный препарат на основе высокоэффективных и конкурентоспособных азотфиксирующих штаммов клубеньковых бактерий специфичных к определенному виду бобовых культур. Норма расхода для нута и чинь 100 мл/га.

Микробиоком^{агро} – микробный препарат, обладающий полифункциональными свойствами за счет входящих в его состав препаратов Ризобин^{агро}, Азостим^{агро}, Фосфостим^{агро}, Биопрофид^{агро}. Способствует оптимизации азотного и фосфорного питания растений, обеспечивает защиту от корневых гнилей, улучшает качество продукции. Норма расхода 100 мл/га.



Общий вид посевов нута, 2022 г.



Цветущие растения чины
Славянка

Рис. 1. Опытные посевы нута и чины

Метод размещения вариантов в полевом опыте систематический, повторность четырехкратная. Учетная площадь делянки 8,25 м². Агротехника под культуры общепринятая для региона. Даты посева: 2020 г. – 22.04., 2021 г. – 6.05., 2022 г. – 11.05. Посев сеялкой СКС-6-10 с шириной межурядий 15 см. Норма высева для нута 800 тыс. всхожих семян на 1 га, для чины – 1200 тыс. всхожих семян на га. Инокуляция семян микробиологическими препаратами в день посева влажным способом по рекомендациям, предложенным производителями.

Закладку полевых опытов, а также сопутствующие наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам (Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта*. М., Агропромиздат, 1985. 351с.; *Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение* Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В. и др. *Методические указания / (2-е издание, переработанное и дополненное)* Санкт-Петербург, 2018. 143 с.).

Почва опытного участка темно-серая лесная, среднесуглинистая, средней оккультуренности. Анализ почвы по обеспеченности элементами питания показал, что на опытном участке перед посевом нута и чины в 2020 г. содержание N-NO₃⁻ составило в 2020 г. 2,09 мг/100 г почвы, в 2021 – 2,14 мг/100 г почвы, в 2022 – 0,56 мг/100 г почвы; в 2020 г. содержание P₂O₅ оценивалось как высокое, K₂O как оптимальное; в 2021 г. содержание P₂O₅ – оптимальное, K₂O – среднее; в 2022 г. содержание P₂O₅ и K₂O оценивалось как высокое. Реакция почвенного раствора в годы исследований была средне и слабокислая. Содержание гумуса характеризовалось как среднее.

Погодно-климатические условия в годы исследований складывались следующим образом (табл. 1). 2020 и 2022 годы были более дождливыми и отличались неравномерностью выпадения осадков. В 2020 году наибольшее количество осадков выпало в период от всходов до бутонизации (май-июнь), а также в критическую фазу формирования и налива семян (июль-август), что благоприятно отразилось на развитии растений. В сентябре-октябре осадков выпало в пределах нормы, температура воздуха была выше средней многолетней на 3,7°C и 5,1°C соответственно. Это способствовало своевременному созреванию бобов. 2021 год был близок к среднемноголетним климатическим показателям. В

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
2022 году максимальная сумма осадков выпала в сентябре-октябре, складывалась дождливая и прохладная погода.

Таблица 1

Погодные условия 2020 - 2022 гг.

Показатель		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
2020 г.							
Температура воздуха, °C	Средняя за месяц	11,2	20,0	19,2	17,7	15,3	10,4
	Отклонение от нормы	-2,6	+3,2	+1,2	+0,7	+3,7	+5,1
Осадки, мм	Сумма за месяц	75	74	121	17	36	31
	Процент от нормы	147	101	149	270	69	74
2021 г.							
Температура воздуха, °C	Средняя за месяц	13,9	19,8	22,3	20,5	10,4	5,9
	Отклонение от нормы	+0,1	+3,0	+4,3	+3,5	-1,2	+0,6
Осадки, мм	Сумма за месяц	72	41	51	50	130	12
	Процент от нормы	141	56	63	79	250	29
2022 г.							
Температура воздуха, °C	Средняя за месяц	11,5	19,1	19,1	21,8	9,9	7,6
	Отклонение от нормы	-2,3	+2,3	+1,1	+4,8	-1,7	+2,3
Осадки, мм	Сумма за месяц	51	52	64	32	111	84
	Процент от нормы	100	140	79	51	213	200

Отбор растений нута и чины для проведения лабораторных анализов осуществляли в фазу бутонизации – начала цветения (рис. 2).



Сорт Краснокутский 123

Сорт Аватар

Рис. 2. Растения нута в период отбора проб: 1 – контроль, 2 – *Mesorhizobium ciceri* штамм 527, 3 – Ризобин^{®aero}, 4 – Микробиоком^{®aero}, 2022 г.

Содержание золы определялось путем сжигания навески в муфельной печи [Ермаков А.И. с соавт., 1987]. Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере в приложении Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Влияние микробиологических препаратов на накопление биомассы растениями

В среднем за годы исследований предпосевная инокуляция семян микробиологическими препаратами увеличивала массу растений у сортов нута до 21,2%, массу корней до 19,9% по сравнению с контролем (табл. 2). При этом масса сухого растения возрастила до 22,3%, а масса сухих корней до 65,6% к контролю. Максимальную эффективность оказала инокуляция семян клубеньковыми бактериями *Mesorhizobium ciceri* штаммом 527.

У сорта чины Славянка инокуляция повышала массу растений на 16,6...35,1%, массу корней на 43,1%. При этом сухая масса растений возрастила на 10,2...24,9%, а сухая масса корней на 9,1...27,3% к контролю. Наибольшую эффективность имели варианты с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобин^{агро}.

Наибольший положительный эффект от инокуляции азотфиксирующими бактериями был получен в 2020 г. у сортов Краснокутский 123 и Славянка, в 2022 г. у сорта Аватар.

Таблица 2

Масса растений нута и чины при обработке микробиологическими препаратами в период отбора проб (бутонизация – начало цветения), среднее за 2020-2022 гг.

Признак	Вариант опыта			
	Контроль	<i>Rhizobia</i>	Ризобин ^{агро}	Микробиоком ^{агро}
Нут Аватар				
Сырая масса растения, г	20,90±1,8	25,33±1,9	17,73±1,0	19,41±1,3
Сухая масса растения, г	4,63±0,4	5,28±0,4	3,85±0,2	4,12±0,2
Масса сырых корней, г	1,86±0,1	2,23±0,2	1,94±0,1	2,01±0,2
Масса сухих корней, г	0,32±0,03	0,53±0,03	0,46±0,03	0,41±0,02
Нут Краснокутский 123				
Сырая масса растения, г	19,40±1,3	23,50±1,5	19,79±1,2	20,18±1,5
Сухая масса растения, г	4,35±0,3	5,32±0,3	4,41±0,2	4,61±0,3
Масса сырых корней, г	2,33±0,2	2,46±0,1	2,25±0,2	2,41±0,2
Масса сухих корней, г	0,47±0,02	0,53±0,03	0,47±0,03	0,51±0,03
Чина Славянка				
Сырая масса растения, г	14,57±1,4	19,69±2,2	17,49±1,6	16,99±1,3
Сухая масса растения, г	3,13±0,2	3,91±0,4	3,54±0,3	3,45±0,2
Масса сырых корней, г	0,58±0,05	0,83±0,08	0,83±0,09	0,57±0,05
Масса сухих корней, г	0,11±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,12±0,01

Влияние микробиологических препаратов на содержание золы в растениях

В надземной массе нута содержание золы, в среднем за три года, варьировало от 6,7% до 7,9%, составив в среднем 7,4%, в корнях этот показатель изменялся примерно в таких же пределах (6,5-8,6%), при среднем значении 7,4% (табл. 3). Содержание золы в надземной массе чины изменилось от 5,6%, до 6,4% и в среднем составило 5,8%, а в корнях этот показатель был немного выше и изменился от 6,6% до 7,2% при среднем значении 7,0%.

Инокуляция семян микробиологическими препаратами повышала содержание зольных элементов в надземной массе растений у сортов нута на 4,0...5,3%, в корнях на 15,4...26,1% по сравнению с контролем. У чины содержание зольных элементов в вариантах с инокуляцией превышало контроль на 1,8...14,3% в надземной массе и на 2,9% в корнях растений.

Влияние микробиологических препаратов на содержание зольных элементов (%) в надземной массе и корнях нута и чины (бутонизация – начало цветения), 2020 - 2022 гг.

Сорт	Части растений	Контроль	Rhizobia	Ризобин ^{агро}	Микробиоком ^{агро}
Нут Аватор	Надземная масса	7,5	7,8	7,9	7,5
	Корни	6,5	7,6	6,5	8,2
Нут Краснокутский 123	Надземная масса	7,8	6,7	7,1	7,2
	Корни	7,1	8,2	6,5	8,5
Чина Славянка	Надземная масса	5,6	6,4	5,7	5,6
	Корни*	7,0	7,2	7,2	6,6

Наибольший эффект на накопление золы у нута наблюдался в вариантах с применением Ризобин^{агро} и инокуляцией семян клубеньковыми бактериями *Mesorhizobium ciceri* шт. 527 для надземной массы и МС шт. 527 и Микробиоком^{агро} для корней; у чины – в вариантах с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобин^{агро}.

Максимальное содержание зольных элементов в растениях нута и чины отмечалось в 2020 г., что указывает на то, что год был более благоприятным для роста и развития растений.

Урожайность нута и чины при инокуляции микробиологическими препаратами

Урожайность зерна у сортов нута в 2020 и 2021 гг. была выше, чем в 2022 (отчасти это связано с тем, что в 2022 году дождливая и прохладная погода во второй половине вегетации не позволила провести своевременную уборку и привела к значительным потерям урожая) и варьировала в контролльном варианте от 3,11 до 3,52 т/га у сорта Аватор и от 1,83 до 3,15 т/га у сорта Краснокутский 123 (табл. 4). У чины максимальная урожайность в контроле была в 2021 г. (2,25 т/га) и 2022 г. (2,07 т/га). В 2020 году погодные условия во время уборки чины складывались неблагоприятным образом, что привело к потере части урожая.

Урожайность зерна нута и чины при инокуляции микробиологическими препаратами, т/га, 2020-2022 гг.

Сорт	Вариант опыта	2020	2021	2022	Средняя
нут Аватор	Контроль	3,11	3,52	0,52	2,38
	шт. 527	3,17	3,50	1,49	2,72
	Ризобин ^{агро}	3,27	3,62	0,83	2,57
	Микробиоком ^{агро}	3,64	3,62	0,72	2,66
	HCP 05	0,58	0,38	0,68	
нут Краснокутский 123	Контроль	1,83	3,15	0,52	1,83
	шт. 527	2,24	3,40	0,85	2,16
	Ризобин ^{агро}	2,33	3,32	0,64	2,10
	Микробиоком ^{агро}	2,33	3,42	0,76	2,17
	HCP 05	0,65	0,31	0,57	
чина Славянка	Контроль	0,99	2,25	2,07	1,77
	шт. 2803	0,85	2,22	1,94	1,67
	Ризобин ^{агро}	1,08	2,25	2,05	1,79
	Микробиоком ^{агро}	1,05	2,22	2,32	1,86
	HCP 05	0,29	0,24	0,52	

При применении микробиологических препаратов наблюдалась тенденция к повышению урожайности, в среднем за три года изучения, у сортов нута на 0,19-0,34 т/га, у чины - на 0,02-0,09 т/га.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что накопление массы растениями и содержание золы зависят от многих факторов, особое значение среди которых имеют сортовые особенности культуры, условия минерального питания, погодные условия.

Микробиологические препараты оказывали влияние на накопление биомассы и содержание золы растениями нута и чины. Наибольший положительный эффект наблюдался у нута от инокуляции азотфиксирующими бактериями *Mesorhizobium ciceri* штамм 527 и препаратом Микробиоком^{агро}, у чины с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобин^{агро}. Важно отметить, что при изучении влияния микробиологических препаратов на растения, необходимо учитывать уровень плодородия почвы и погодные условия.

При применении микробиологических препаратов наблюдалась тенденция к повышению урожайности изученных сортов нута и чины. Так, в среднем за три года изучения, у сортов нута прибавка составила 0,19-0,34 т/га при контролльном значении 2,38 т/га у сорта Аватар и 1,83 т/га у сорта Краснокутский 123, у чины на 0,02-0,09 т/га при контроле 1,77 т/га.

Литература

1. Junjie Zhang, Jingqi Wang, Cancan Zhu, Raghvendra Pratap Singh, Wenfeng Chen Chickpea: Its Origin, Distribution, Nutrition, Benefits, Breeding, and Symbiotic Relationship with *Mesorhizobium* Species // Plants (Basel). 2024 Feb 1;13(3):429.
2. Yusuf Beshimov and Mekhriniso Akhmedova Technological parameters and chemical composition of soya beans // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 848, 2021 pp. 012098
3. Наумкин В.П., Донская М.В., Донской М.М. Рекомендации по возделыванию чины посевной. Орел. – 2022. – 23 с.
4. Донская М.В., Бобков С.В., Костикова Н.О., Донской М.М. Влияние микробиологических препаратов на биохимические показатели развития растений нута и чины. // Научно-агрономический журнал. – 2024. – № 2 (125). – С. 64-69.
5. Донская М.В., Донской М.М. Использование микробиологических препаратов при возделывании перспективных сортов нута и чины в Орловской области. // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2023. – № 1 (45). – С. 33-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-33-39.
6. Donskaya M., Donskoi M. Influence of microbiological preparations on the formation of symbiotic apparatus and the yield of chickpea and grass pea // Innovative technologies in agriculture. International scientific and practical conference. – Orel, – 2022. – С. 60.
7. Тюлькова Е.Г. Зольность растений в условиях городской среды (на примере города Гомеля). // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2017. – № 1. – С. 58-65.
8. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: – 2000. – 627 с.
9. Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Панарина В.И., Бобков С.А., Грядунова Н.В. и др. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Каталог сортов. Орел: ООО ПФ «Картуш». – 2022. – 204 с.

References

1. Junjie Zhang, Jingqi Wang, Cancan Zhu, Raghvendra Pratap Singh, Wenfeng Chen Chickpea: Its Origin, Distribution, Nutrition, Benefits, Breeding, and Symbiotic Relationship with *Mesorhizobium* Species. Plants (Basel). 2024 Feb 1;13(3):429.
2. Yusuf Beshimov and Mekhriniso Akhmedova Technological parameters and chemical composition of soya beans. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 848, 2021 pp. 012098
3. Naumkin V.P., Donskaya M.V., Donskoi M.M. Recommendations for cultivation of grass pea. Orel, 2022, 23 p. (In Russ.)
4. Donskaya M.V., Bobkov S.V., Kostikova N.O., Donskoi M.M. The influence of microbiological preparations on the biochemical parameters of chickpea and lathyrus plant development. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 2024. no. 2 (125), pp. 64-69. (In Russ.)
5. Donskaya M.V., Donskoi M.M. Ispol'zovanie mikrobiologicheskikh preparatov pri vozdelyvaniu perspektivnykh sortov nuta i chiny v Orlovskoi oblasti. *Zernobobovye i krupyanaye kul'tury*, 2023, no. 1 (45), pp. 33-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-33-39 (In Russ.)

-
- 6. Donskaya M., Donskoi M. Influence of microbiological preparations on the formation of symbiotic apparatus and the yield of chickpea and grass pea. *Innovative technologies in agriculture. International scientific and practical conference*. Orel, 2022, p. 60. (In Russ.)
 - 7. Tyud'kova E.G. Zol'nost' rastenii v usloviyakh gorodskoi sredy (na primere goroda Gomelya). *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*, 2017, no.1, pp.58-65. (In Russ.)
 - 8. Alekseenko V.A. Environmental geochemistry. Moscow, 2000, 627 p. (In Russ.)
 - 9. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog. Orel, OOO PF «Kartush» Publ., 2022, 204 p. (In Russ.)

АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА СОРТОВ СОИ СЕЛЕКЦИИ ЧУВАШСКОГО НИИСХ

А.А. ФАДЕЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0002-0834-1681

И.Ю. ИВАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0002-0792-1721, E-mail: m35y24@yandex.ru

ЧУВАШСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФАНЦ СЕВЕРО-ВОСТОКА
ИМЕНИ Н. В. РУДНИЦКОГО

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по адаптивным свойствам сортов сои северного экотипа Чувашского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока за 2015-2024 гг. характеризовавшиеся контрастными метеорологическими условиями. Исследования проведены в южной части Волго-Вятского региона на серо лесных тяжелосуглинистых почвах. Объектом изучения были пять раннеспелых (созревающих при сумме активных температур выше 10°C – 1800-2000°C) сортов сои северного экотипа Чувашской селекции: Чера 1, Памяти Фадеева, Люмария, Цивиль и Мерчен. Показатели экологической пластичности и стабильности рассчитывали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell в редакции В.А. Зыкова. Стressоустойчивость и среднюю урожайность в контрастных условиях определяли по уравнению A.A. Rossille, J. Hamblin. Рассчитан индекс условий среды (I_j). Установлено, что максимальный вклад в формирование урожая сои Чувашской селекции оказывал фактор «среда», объединяющий биотические и абиотические условия окружающей среды в период вегетации растений сои. В результате определения взаимосвязи урожайности и ГТК у изученных сортов установлено, что у сорта сои Чера 1 имеется полная корреляционная связь в июне месяце. Благоприятные условия возделывания сортов были в 2015, 2019-2022 и 2024 гг. при положительных значениях индекса условий среды I_j . Максимальная урожайность наблюдалась в 2022 году у сортов Люмария – 4,62 т/га и Памяти Фадеева – 4,44 т/га, достоверно превысившие сорт стандарт СибНИИК 315 на 1,5 и 1,32 т/га соответственно. Люмария имеет лучшие показатели по урожайности, коэффициенту адаптивности, но с большим размахом по урожайности. Сорта Чера 1 и СибНИИК 315 способны к реализации потенциала урожайности 75,74 и 77,56% при высокой стессоустойчивости в условиях южной части Волго-Вятского региона.

Ключевые слова: соя, сорт, продуктивность, климатические условия, адаптивность.

Для цитирования: Фадеев А.А., Иванова И.Ю. Адаптивные свойства сортов сои селекции чувашского НИИСХ. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):60-68
DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-60-68

ADAPTIVE PROPERTIES OF SOYBEAN VARIETIES OF THE CHUVASH RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

A.A. Fadeev, I.Yu. Ivanova

CHUVASH SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – BRANCH OF
FEDERAL AGRARIAN RESEARCH CENTER OF THE NORTH-EAST NAMED AFTER N. V.
RUDNITSKY, Kirov

Abstract: The article presents the results of research on the adaptive properties of soybean varieties of the northern ecotype of the Chuvash Research Institute of Agriculture, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the FANC of the North-East for 2015-2024, characterized by contrasting meteorological conditions. The research was carried out in the southern part of the Volga-Vyatka region on gray forest heavy loamy soils. The object of study was five early-maturing (ripening at the sum of active temperatures above 10°C - 1800-2000°C) soybean varieties of the northern ecotype of Chuvash breeding: Chera 1, Memory of Fadeev, Lumaria, Civil and Merchant. The indicators of ecological plasticity and stability were calculated according to the methodology of S.A. Eberhart and W.A. Russell, edited by V.A. Zykov. Stress resistance and average yield under contrasting conditions were determined by the equation of A.A. Rossille, J. Hamblin. The environmental conditions index (I_j) has been calculated. It was found that the maximum contribution to the formation of the soybean crop of Chuvash breeding was made by the "environment" factor, which combines biotic and abiotic environmental conditions during the growing season of soybean plants. As a result of determining the relationship between yield and GTC in the studied varieties, it was found that the soybean variety Chera 1 has a complete correlation in the month of June. Favorable conditions for cultivating varieties were in 2015, 2019-2022 and 2024 with positive values of the environmental conditions index I_j . The maximum yield was observed in 2022 for Lumaria varieties – 4.62 t/ha and Fadeev's Memory – 4.44 t/ha, which significantly exceeded the SibNIK 315 standard variety by 1.5 and 1.32 t/ha, respectively. Lumaria has the best indicators in terms of yield and coefficient of adaptability, but with a large scale in terms of yield. The Chera 1 and SibNIK 315 varieties are capable of realizing the yield potential of 75.74 and 77.56% with high stress tolerance in the southern part of the Volga-Vyatka region.

Keywords: soybeans, variety, productivity, climatic conditions, adaptability.

Соя (*Glycine max*) является одной из самых важных сельскохозяйственных культур в мире, играя ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивом развитии аграрного сектора. В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к сое как к источнику растительного белка, что связано с увеличением потребления растительных продуктов и переходом на более здоровое питание. Соя используется не только в пищевой промышленности, но и в кормлении животных, производстве масла, а также в биотехнологиях. В связи с этим, исследование сортов сои, их адаптивных качеств и урожайности становится особенно актуальным, особенно в условиях изменения климата и необходимости повышения продуктивности сельского хозяйства [1].

Одним из самых известных сортов сои Чувашской селекции является сорт Памяти Фадеева, который характеризуется скороспелостью и высокой продуктивностью, в среднем достигая 1,38 т/га, что на 7% превышает урожайность стандартного сорта Чера 1. Данный сорт выделяется крупными семенами, масса 1000 семян которых составляет 150-180 г, и высокими показателями озерненности. Он имеет детерминантный тип роста и достигает высоты 75-90 см. Помимо Памяти Фадеева, в регионе также выделяются сорта Люмария и Цивиль, которые продемонстрировали высокую урожайность: первый из них превосходит стандарт на 5,0 ц/га, а второй показывает стабильную продуктивность на уровне 2,0 т/га. Все эти сорта обладают промежуточным типом роста с крепким стеблем, не полегают, что делает их удобными для сельскохозяйственного производства в условиях Волго-Вятского региона. Эти сорта продемонстрировали эффективность в условиях ЦЧР благодаря своей адаптации к местным климатическим и почвенным условиям [2].

Адаптивные качества сортов сои играют решающую роль в успешном развитии сельского хозяйства, особенно в условиях изменяющегося климата и разнообразия агрономических практик. Анализ абиотических факторов показывает, что они играют ключевую роль в формировании урожайности и семенной продуктивности сои [3, 4].

Цель исследований – оценить в различные по метеорологическим условиям годы, допущенные для возделывания и перспективные сорта сои Чувашской селекции по реализации потенциала урожайности в условиях южной части Волго-Вятского региона.

Материалы и методика исследований

Исследования проводились на опытном поле Чувашского НИИСХ. В качестве объектов исследований использованы сорта сои селекции Чувашского НИИСХ, созданные за период 2009-2022 гг. Это сорта промежуточного типа роста со средней ветвистостью, полусжатым кустом и высоким прикреплением нижнего боба (12-15 см.). За стандарт был взят районированный по 4 региону (1991 г.) сорт СибНИИК 315.

Сорта сои изучались в 2015-2024 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания в трех повторениях с учетной площадью делянок 20 м², высеванных рендомизированно. Предшественник – яровая пшеница. Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 4,6, нейтральной реакцией почвенного раствора – 6,1 и повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия. Агротехника в опыте соответствовала рекомендованной технологии возделывания сои в условиях данного региона.

Исследования проводились по общепринятым методикам по сортоизучению сои [5]. Для оценки адаптивного потенциала и устойчивости сортов сои Чувашской селекции в условиях южной части Волго-Вятского региона определяли экологическую характеристику каждого генотипа с помощью простых логических, математических и статистических методов. Учитываемый признак – урожайность зерна (Y). Данные представлены в виде средних арифметических значений (X). Коэффициенты вариации (V) рассчитаны согласно методике полевого дела [6]. Среднесортовая урожайность по опыту (X_{ij}) – средняя урожайность всех исследуемых сортов за все годы испытания. Для определения реакции генотипов сои на условия года был рассчитан индекс условий среды (L_j), который представляет собой отношение среднего урожая по сортам в конкретный год испытания (X_i) к среднесортовой урожайности по опыту. Коэффициент адаптивности (CA) рассчитывали по Л.А. Животкову [7]. Разность ($Y_{lim}-Y_{opt}$) отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания (SU), а уравнение $(Y_{opt}+Y_{lim})/2$ показывает генетическую гибкость сортов или наличие компенсаторной способности (CS) [8]. Размах урожайности (D) и реализацию потенциала урожайности сортов вычисляли согласно методикам В.А. Зыкина с соавторами и Э.Д. Неттевича [9].

Результаты исследований и их обсуждение

За годы исследований погодные условия на протяжении периода вегетации растений сои имели значительные различия по тепло- и влагообеспеченности (табл. 1). В 2015 г. первая половина лета характеризовалась недостаточной влагообеспеченностью на фоне высокого уровня температуры воздуха (+36°C), вторая половина – прохладной погодой с повышенной увлажненностью. В 2016 году в период активной вегетации и фазы цветения сои наблюдалась сильная засуха, а во время уборки – обилие осадков. Исключительно неблагоприятные условия для роста и развития сои сложились в 2017 году, из-за холодной дождливой погоды в мае сроки посева сдвинулись на две недели, а сроки появления всходов на три недели. Цветение началось с опозданием на месяц, смесяв сроки уборочных работ. Сумма активных температур (выше 10°C) и ГТК за вегетационный период составили в 2015 году 2288°C и 1,28; в 2016 году – 2402°C и 0,73; в 2017 году – 1825°C и 1,64 соответственно [10]. По условиям увлажнения 2018 год классифицирован как засушливый (ГТК = 0,55), 2019 и 2020 годы были умеренно теплыми с недостатком влаги в начале вегетационного периода растений и высокой доступностью влаги в фазе созревания урожая ГТК составил 1,11 и 1,45 соответственно.

Вегетация растений сои в 2018 году в начальный период развития проходила при недостатке тепла и влаги, что явилось сдерживающим фактором для роста растений, а цветение и бобообразование шло в условиях прохладной погоды с незначительным количеством осадков (82% от многолетней нормы). В 2019 году сдерживающим фактором для роста и развития растений была сумма эффективных температур в фазе цветения (77°C) и бобообразования (55°C), и в целом за вегетацию составила 282°C, тогда как в 2018 году

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. этот показатель равнялся 423°C. В 2020 году за период активной вегетации растений сои средняя температура воздуха составила 15,6°C, превысив многолетнюю на 1,9°C. Осадков выпало 325,2 мм, 37,9% многолетней нормы.

Остrozасушливыми условиями характеризовался 2021 год в периоды развития вегетативных и формирования генеративных органов растений сои (ГТК = 0,68). Сумма активных температур ($\Sigma t > 10^\circ\text{C}$) в 2018 году составила 1782°C, в 2019 – 2303°C, в 2020 – 2160°C, в 2021 году – 2560°C [11].

Таблица 1
Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период по годам (южная часть Волго-Вятского региона)

Месяц	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Сред.
Июнь	0,43	0,62	1,41	0,67	0,90	1,21	0,56	0,63	0,21	0,72	0,74
Июль	2,35	0,23	2,97	0,61	0,81	0,93	0,48	1,67	0,98	0,46	1,42
Август	1,07	0,64	0,54	0,37	1,62	2,21	0,99	0,05	0,33	2,27	1,01
Сред.	1,28	0,73	1,64	0,55	1,11	1,45	0,68	0,78	0,51	1,15	0,98
Хар-ка года	опт	слаб. засуха	повыш.	сред. засуха	опт	повыш.	слаб. засуха	недост	сред. засуха	опт	-

В 2022 году выпавшие осадки за апрель и май значительно превышали среднемноголетние значения, при этом май был холодным. В дальнейшем рост и развитие растений сои проходили при оптимальной температуре и влаге. Температура июня и июля была чуть выше нормы, при этом за июнь выпало лишь 56%, а за июль 160% от многолетних. Особенно недостаток влаги отмечен в период цветения сои раннеспелых сортов – (конец июня - начало июля), когда на фоне высокой температуры воздуха запасы продуктивной влаги даже в полуметровом слое почвы снизились до 34-46% наименьшей полевой влагоемкости. В целом за период активной вегетации растений сои средняя температура воздуха составила 16,6°C, а осадков выпало 72,9 мм, что равно 54,4% от многолетних значений, а ГТК составило 0,78. Вегетационный период 2023 года характеризовался засушливыми погодными условиями. Рост и развитие растений сои проходило в условиях прохладной погоды (среднесуточная температура была ниже на 2°C от многолетней нормы) и недостатка влаги. В целом за период активной вегетации средняя температура воздуха составила 16,8 градуса, сумма осадков 130 мм или 60% от многолетней нормы, при ГТК = 0,51. Длительные осенние дожди 2023 года и весенние паводки и осадки 2024 года создали хороший запас влаги в корнеобитаемом слое, что позволило растениям сои начать вегетацию и без критического ущерба перенести летнюю засуху. Созревание бобов проходило на фоне обильного количества осадков, превысив многолетние значения на 56%. В целом за период активной вегетации 2024 г. сумма осадков 200,6 мм, сумма активных температур 1804,15°C, ГТК = 1,15 [12].

Корреляция урожаев у изучаемых сортов сои Чувашской селекции с ГТК за 10 лет представлена на рисунке 1. При вычислении коэффициента корреляции между урожайностью и погодными условиями вегетационного периода за 2015-2024 гг. по месяцам активной вегетации была установлена полная корреляционная связь у сорта Чера 1 в июне месяце ($r = 0,74$), которая показала высокую зависимость получаемой продукции от метеорологических условий в данный период. Это указывает на то, что погодные условия именно в июне месяце влияют на урожайность данного сорта. Так же урожайность сортов Цивиль и СибНИК 315 имеет сильную зависимость от значения ГТК в июне.

По результатам анализа у сорта Мерчен установлена средняя связь урожайности от погодных условий, а в точности от значения показателя ГТК в августе.

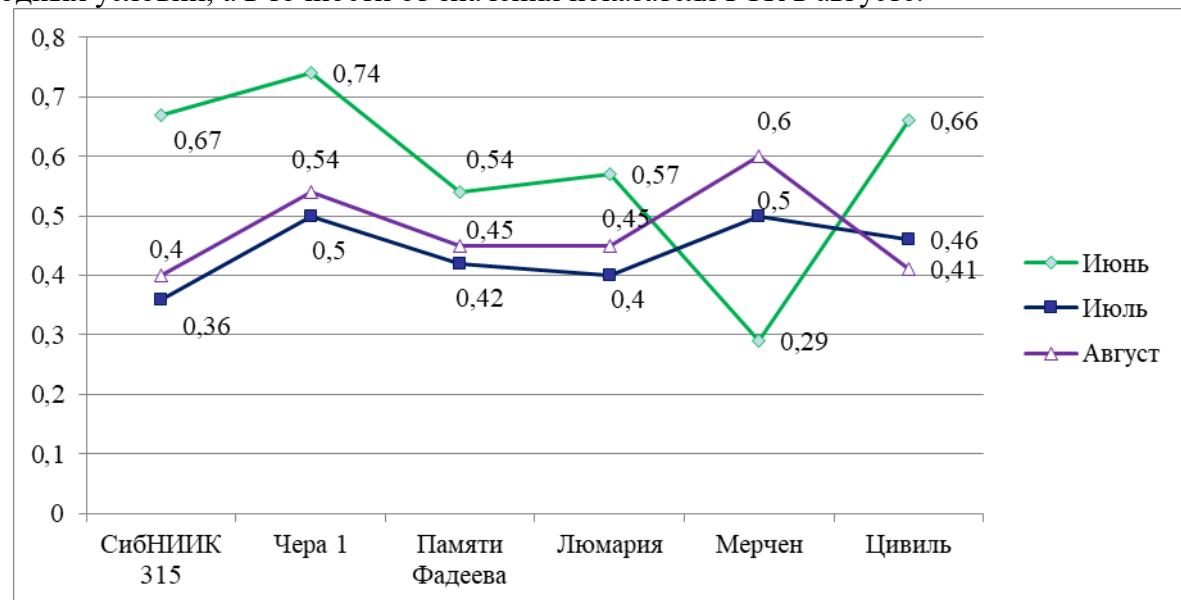


Рис. 1. Корреляция урожайности и ГТК по сортам за 2015-2024 гг.

С учетом сложившихся метеорологических условий в среднем за 2015-2024 годы исследований максимальная урожайность сои наблюдалась в 2022 году – 3,78 т/га, а минимальная в 2023 – 1,51 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность раннеспелых сортов сои северного экотипа за 2015-2024 гг., т/га

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Y _i
СибНИИК 315 – st.	2,02	2,97	2,28	2,15	2,13	2,70	2,98	3,12	1,45	2,07	2,42
Чера 1	2,62	2,07	2,55	1,93	2,86	2,98	3,19	3,38	1,50	2,48	2,56
Памяти Фадеева	3,15	2,49	2,23	2,53	2,59	2,84	3,36	4,44	1,78	3,43	2,88
Люмария	3,36	2,53	2,16	2,71	3,79	2,71	3,30	4,62	1,41	3,16	2,98
Мерчен	3,32	2,37	1,71	1,78	2,73	2,50	2,94	3,72	1,50	3,48	2,61
Цивиль	2,69	2,30	2,46	2,65	2,15	3,06	3,42	3,46	1,39	2,20	2,58
Y _j	2,86	2,35	2,23	2,24	2,71	2,80	3,21	3,78	1,51	2,80	2,67
Коэф.вар., %	18,09	12,24	13,19	17,16	22,48	7,32	6,25	16,02	9,44	22,47	
HCP _{0,5}	0,34	0,16	0,38	0,11	0,34	0,18	0,29	0,24	0,11	0,40	-
X _{ij}	2,86	2,44	2,23	2,28	2,71	2,80	3,20	3,79	1,51	2,80	-
L _j	0,20	-0,22	-0,43	-0,38	0,05	0,14	0,54	1,13	-1,15	0,14	-

Примечание. st. – стандартный сорт; Y_i – среднее по сорту; Y_j – среднее по году, L_j – индекс среды

Данные результаты свидетельствуют о том, что 2022 год был наиболее благоприятным по погодным условиям для реализации потенциальных возможностей сортов сои, где индекс условий среды принимал максимальное значение и большинство сортов сформировали урожайность значительно выше среднесортовой. Самая высокая урожайность за 2015-2024 годы зафиксирована у сорта Люмария в 2022 году – 4,62 т/га. Максимально отрицательный индекс среды был зафиксирован в 2023 году, вследствие чего получены наименьшие урожайности за 2015-2024 гг. у сорта Люмария и СибНИИК 315 – 1,41 и 1,45 т/га соответственно. Наибольшая урожайность в среднем за годы изучения отмечена также у сорта Люмария (2,98 т/га). Прибавка относительно сорта стандарта составила 56 кг/га. Наименее продуктивным был сорт Чера 1, у которого средняя урожайность за данный период составила 2,56 т/га, что меньше лучшего показателя по сорту Люмария на 14% (0,42 т/га). По результатам статистической обработки сортовые различия по данному признаку были достоверны.

Урожайность сои зависит от генетического разнообразия и взаимодействия генотип-среда. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа позволили установить достоверность влияния на урожайность сои изучаемых факторов и их взаимодействия при уровне значимости 95% ($F_{\text{ф}} > F_{\text{кр}}$). Максимальный вклад в формирование урожая сои Чувашской селекции оказывал фактор «среда», объединяющий биотические и абиотические условия окружающей среды в период вегетации растений сои. Гидротермические условия в период проведения исследований были неоднозначными и контрастными, что привело к статистически значимому вкладу факторов внешней среды в общую изменчивость урожайности сортов сои (табл. 3). Действие фактора «генотип», определяющего адаптацию к факторам внешней среды, на урожайность сортов составляет 7,6%. Доля его влияния на урожайность сои взаимодействие факторов «генотип-среда» по результатам исследований составила 20,9%.

Таблица 3

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности сортов сои

Источник вариации	SS	DF	MS	$F_{\text{факт}}$ $F_{\text{fact.}}$	$F_{\text{крит.}}$ $F_{\text{crit.}}$	ДВФ FC
Фактор А (генотип)	7,3	5	1,466	19,33	2,3	7,6
Фактор В (среда)	60,2	9	6,687	88,15	1,97	62,1
Взаимодействие А х В	20,2	45	0,449	5,92	1,48	20,9

Примечание: SS – сумма квадратов отклонений, DF – число степеней свободы, MS – дисперсия, $F_{\text{факт}}$ – фактическое значение отношения Фишера, $F_{\text{крит.}}$ – критическое значение отношения Фишера, ДВФ – доля вклада фактора, процент

Одним из важнейших способов определения относительной изменчивости урожайности сортов используется коэффициент вариации, являющийся одним из показателей нормы реакции генотипа, характеризующий его стабильность по данному показателю. При вычислении коэффициента вариации урожайности у сортов сои установлена не высокая изменчивость показателя в годы исследований ($V < 30\%$). При анализе результатов экологического изучения важен такой параметр, как размах урожайности (D), который представляет отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью, выраженной в % к максимальной урожайности. Чем меньше данный параметр, тем стабильнее урожайность зерна в контрастных условиях. Согласно полученным данным сорт стандарт имеет наименьшее значение изменчивости, что свидетельствует о наиболее стабильном формировании урожая данного сорта от воздействий неблагоприятных факторов в изученных условиях (табл. 4). Следует отметить, что среди изученных сортов наиболее приближенные значения установлены у сорта Чера 1, далее по возрастающей идут сорта Цивиль, Памяти Фадеева, Мерчен и Люмария.

Адаптивный потенциал сортов сои

Сорт	Показатели					Реализация потенциала урожайности, %
	V, %	D, %	CA	SU	CS	
СибНИИК 315 – st.	22,40	51,34	0,91	-1,67	2,29	77,56
Чера 1	22,98	55,62	0,96	-1,88	2,44	75,74
Памяти Фадеева	25,93	59,91	1,08	-2,66	3,11	64,86
Люмария	29,88	69,48	1,12	-3,21	3,02	64,50
Мерчен	29,78	59,68	0,98	-2,22	2,61	70,16
Цивиль	24,42	59,82	0,97	-2,07	2,43	74,57

Примечание: *V – коэффициент вариации, D – размах урожайности, CA – коэффициент адаптивности, SU – стрессоустойчивость, CS – компенсаторная способность

Сорта сои Чувашской селекции Памяти Фадеева и Люмария в гидротермических условиях южной части Волго-Вятского региона способны противостоять неблагоприятным факторам окружающей среды ($CA > 1$) и данные сорта являются высокоадаптивными, но реализация их потенциала была достаточно низкой – 64,5-64,86%.

В регионах с жестким характером агрометеорологических условий, к которым относится Волго-Вятский регион, в совокупности с потенциальной продуктивностью сортов большое значение приобретает их экологическая устойчивость. За годы исследований низкая относительная устойчивость к стрессовым факторам произрастания установлена у всех сортов Чувашской селекции ($SU < -1,0$). У данных образцов наблюдалась сильная депрессия, следовательно, диапазон их приспособительных возможностей ограничен факторами внешней среды.

Расчеты генетической гибкости изученных сортов или наличие их компенсаторной способности позволили установить среднюю урожайность сортов сои Чувашской селекции в контрастных, как благоприятных, так и лимитированных условиях выращивания. Максимальное соответствие условиям южной части Волго-Вятского региона установлено у сортов Памяти Фадеева и Люмария ($CS > 3,0$), которые обладают оптимальным соотношением между потребностями генотипов и сложившейся выраженностью факторов внешней среды.

Заключение

Установлено, что максимальный вклад в формирование урожая сои Чувашской селекции оказывал фактор «среда», объединяющий биотические и абиотические условия окружающей среды в период вегетации растений сои. Оптимальные условия для формирования урожайности сортов сои сложились в 2022 году ($I_j = 1,13$), при этом средняя урожайность семян составила 3,78 т/га. Возделывание сои в агроклиматических условиях южной части Волго-Вятского региона не всегда является благоприятным в течение вегетации. В нашем опыте лучшие показатели стрессоустойчивости (-1,88 и -1,67) отмечалась у сортов Чера 1 и СибНИИК 315 соответственно, способные к реализации потенциала урожайности 75,74 и 77,56 %. Сорт Люмария имеет лучшие показатели по урожайности, коэффициенту адаптивности, но с большим размахом по урожайности. В результате определения взаимосвязи урожайности и ГТК по месяцам у изученных сортов установлено, что у сортов сои Чера 1, Цивиль и СибНИИК 315 наибольшее влияние на урожайность оказывают погодные условия в июне месяце. Полученные результаты способствуют разработке системы внедрения сортов сои Чувашской селекции в регионах с аналогичными условиями выращивания.

Литература

1. Синеговский М.О. Возделывание сои в России в современных условиях // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2024. – №. 5. – С. 11-16. DOI: 10.31857/S2500208224050037.
2. Фадеев А.А., Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В. Оценка раннеспелых сортообразцов сои северного экотипа чувашской селекции по основным хозяйственно ценным признакам в конкурсном сортоиспытании // Масличные культуры. – 2016. – №. 2 (166). – С. 57-62.
3. 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.
4. Фадеев А.А. Слагающие величины продуктивности сои и параметры модели нового сорта северного экотипа для условий 56° с.ш. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012. – №3(28). – С. 13-17.
5. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Трунова М.В. [и др.] Методика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами (Сообщение 1. Исследования в опытах с соей) // Масличные культуры. – 2023. – № 1(193). – С. 33-52. DOI: 10.25230/2412-608X2023-1-193-33-52.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос. –2014. – 336 с.
7. Лукьянчук Л. М., Бутовец Е. С. Селекционные исследования при создании перспективных сортов сои // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – №. 3. – С. 106-116. DOI: 10.31677/2072-6724-2025-76-3-106-116.
8. Зайцева О.А., Бельченко С.А., Дронов А.В. и др. Агроэкологическое испытание и совершенствование технологии возделывания сортов сои // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №. 8. – С. 14-21.
9. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Сравнительная оценка урожайного и адаптивного потенциала сортов гороха и сои в условиях лесостепи Северного Зауралья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – №. 3. – С. 101-110. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-101-110.
10. Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., Матвеева О.Л. Влияние погодных условий на признаки технологичности и урожайности сои в северо-восточной части РФ //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – №. 5 (66). – С. 59-63. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63.
11. Фадеев А.А. Фадеева М.Ф., Никифорова И.И., Иванова И.Ю. Перспективные селекционные линии сои северного экотипа для создания сортов кормового назначения //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23. – №. 2. – С. 203-210. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.203-210.
12. Дементьев Д.А., Иванова И.Ю., Фадеев А.А. Эффективность ресурсосберегающих приемов обработки тёмно-серой лесной почвы в звене севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2025. – Т. 26. – №. 2. – С. 328-338. DOI: 10.30766/2072-9081.2025.26.2.328-338.

References

1. Sinegovsky M. O. Soybean cultivation in Russia in modern conditions. *Vestnik rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki*. 2024, no. 5, pp. 11-16. (In Russian).
2. Fadeev A. A., Fadeeva M. F., Vorobyova L. V. Assessment of early-maturing soybean cultivars of the northern ecotype of Chuvash breeding according to the main economically valuable characteristics in competitive variety testing. *Maslichny'e kul'tury*. 2016, no. 2(166), pp. 57-62. (In Russian).
3. Tevchenkov A.A., Senichev E.I., Trunov V.V. Ecological plasticity and stability of soybean varieties in the agro-climatic conditions of the Kaluga region. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury*. 2025, no. 3(55), pp. 26-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-26-32. (In Russian).

4. Fadeev A. A. The components of soybean productivity and the parameters of the model of a new variety of the northern ecotype for the conditions of 56° N.L. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2012, no. 3(28), pp. 13-17. (In Russian).
5. Lukomets V. M., Tishkov N. M., Trunova M. V. [et al.] Methodology for conducting agrotechnical research in experiments with oil crops (Message 1. Research in experiments with soybeans). *Maslichnye kul'tury*, 2023, no. 1(193), pp. 33-52, DOI 10.25230/2412-608X-2023-1-193-33-52. (In Russian).
6. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of a field trial], 2014, Moscow, KolosPubl., 336 p.
7. Lukyanchuk L. M., Butovets E. S. Breeding research in the creation of promising soybean varieties. *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*. 2025, no. 3, pp. 106-116. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-76-3-106-116. (In Russian).
8. Zaitseva O. A. Belchenko S.A., Dronov A.V. and others. Agroecological testing and improvement of soybean cultivation technology. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii*. 2022, no. 8, pp. 14-21. (In Russian).
9. Sapega V. A., Turumbekova G. Sh. Comparative assessment of the yield and adaptive potential of pea and soybean varieties in the conditions of the forest-steppe of the Northern Trans-Urals. *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*. 2023, no. 3, pp. 101-110. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-101-110 (In Russian).
10. Fadeeva M. F., Vorobyova L. V., Matveeva O. L. The influence of weather conditions on the signs of processability and yield of soybeans in the northeastern part of the Russian Federation *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018, no. 5(66), pp. 59-63. (In Russian).
11. Fadeev A. A. Fadeeva M. F., Nikiforova I. I. and Ivanova I.Yu. Promising soybean breeding lines of the northern ecotype for the creation of fodder varieties. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2022, Vol. 23. no. 2, pp. 203-210. (In Russian).
12. Dementiev D. A., Ivanova I. Yu., Fadeev A. A. Efficiency of resource-saving methods of processing dark gray forest soil in the context of crop rotation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2025, Vol. 26, no. 2, pp. 328-338. DOI: 10.30766/2072-9081.2025.26.2.328-338. (In Russian).

ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОИ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ХОЗЯЙСТВЕННО ВАЖНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ.

В.А. РАСУЛОВА, научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0006-2119-9946,
E-mail: 567live357@mail.ru

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

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

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье представлены результаты трехлетних опытов по изучению 30 сортов образцов сои, входящих в коллекцию ФГБНУ ФНЦ ЗБК, проведен анализ взаимосвязи высоты растений и прикрепления нижнего боба, а также типа роста и ветвистости с хозяйственными показателями. Выявлено, что высокорослые селекционные номера сои, имеют положительную корреляцию с урожайностью (коэффициент корреляции по средним за 3 года значениям составил 0,38) и содержанием протеина в семенах (коэффициент корреляции 0,29), и в то же время отрицательную с долей жира (коэффициент корреляции -0,26). Найдена положительная корреляция высоты прикрепления нижнего боба с урожайностью, при этом отсутствовали корреляционные зависимости с процентным содержанием протеина и жира в семенах. Выделены 4 наиболее продуктивных сортов образца, сочетающие высокие показатели как урожая, так и содержания белка в семенах. Это два образца с детерминантным типом роста и сильным ветвлением: линия Л-208 со средними показателями урожайности – 3,37 т/га и содержанием белка – 43,5%, а также СГ88 с урожайностью – 3,54 т/га и содержанием белка – 46%. И два образца с промежуточным типом роста и средней ветвистостью: линия СГ64, имеющий показатель урожайности 3,49 т/га с долевым содержанием белка в семенах 45,5% и Прота 80 с урожайностью – 3,57 т/га, и содержанием белка – 45,5%.

Ключевые слова: соя, высота растений, высота прикрепления нижнего боба, тип роста, ветвистость, урожайность, белок.

Для цитирования: Расурова В.А., Кирюхин С.В., Гуринович С.О. Оценка морфологических признаков коллекционных образцов сои и их взаимосвязь с хозяйственными показателями в условиях Орловской области. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):69-78 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-69-78

ASSESSMENT OF MORPHOLOGICAL FEATURES OF SOYBEAN COLLECTION SAMPLES AND THEIR RELATIONSHIP WITH ECONOMICALLY IMPORTANT INDICATORS IN THE CONDITIONS OF THE OREL REGION

V.A. Rasulova, S.V. Kiryukhin, S.O. Gurinovich

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: The article presents the results of three-year experiments on the study of 30 soybean varieties included in the FSBSI FSC LGC collection, an analysis of the relationship between plant height and lower pod attachment, as well as the type of growth and branching with economically important indicators. It was found that tall soybean breeding numbers have a positive correlation with yield (the correlation coefficient for average values over 3 years was 0.38) and protein content in seeds (correlation coefficient 0.29), and at the same time a negative correlation with the

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
proportion of fat (correlation coefficient -0.26). A positive correlation was found between the height of attachment of the lower bean and the yield, while there were no correlations with the percentage of protein and fat in the seeds. Four of the most productive varieties were selected, combining high yield and protein content in seeds. These are two samples with a determinate growth type and strong branching: L-208 with an average yield of 3.37 t/ha and a protein content of 43.5%, as well as SG88 with a yield of 3.54 t/ha and a protein content of 46%. And two samples with an intermediate growth type and medium branching: SG64, which has a yield of 3.49 t/ha with a protein content in seeds of 45.5% and SG39 (Prota 80) with a yield of 3.57 t/ha and protein content of 45.5%.

Keywords: soybean, plant height, lower pod attachment height, growth type, branching, yield, protein.

Введение

Селекция – один из основных инструментов интенсивного развития сельского хозяйства, благодаря целенаправленной селекционной работе доля новых сортов в структуре сельскохозяйственных земель постоянно увеличивается, а основной рост производства земледельческой продукции в мире происходит за счет внедрения новых гибридов и сортов (Вашенко, 2014; Жученко, 2010). Главной задачей селекции всех сельскохозяйственных культур и сои в том числе, является непрерывное улучшение основных хозяйствственно ценных признаков создаваемых сортов. Это необходимо для увеличения объемов производства, расширения ареала возделывания, а так же для улучшения качества получаемой продукции [1, 2, 3]. Формирование сортовых ресурсов – мощный фактор, который в значительной степени обеспечивает продовольственную безопасность и является приоритетной задачей любого аграрного государства [4].

Исследование морфологических признаков и технологических характеристик сорта в конкретных почвенно-климатических условиях имеет большое значение для создания высокопродуктивных сортов. Одним из таких признаков для сои является высота растений, которая в основном определяется генотипом сорта, но при различных климатических условиях и технологии возделывания данный показатель способен сильно варьировать. Очень низкорослые сорта могут вызывать трудности при уборке, поскольку основная часть урожая располагается на высоте от 10 до 60 см от поверхности почвы, а нижние бобы почти соприкасаются с почвой и не обмолачиваются, что приводит к значительным потерям в урожае. В то же время небольшая высота, значительная толщина и механическая прочность стебля, как правило, способствуют высокой устойчивости растений к полеганию и снижению потерь. Очень высокорослые формы отличаются большим числом узлов главного стебля и длинными междуузлиями и склонны к полеганию. При этом, такие сорта имеют потенциально большее число генеративных органов и развитый ассимиляционный аппарат по сравнению с низкорослыми. Это сказывается на потенциале урожайности и влияет на химический состав семян. Высота растений и тип роста взаимосвязаны между собой. Детерминантные сорта прекращают вегетационный рост в фазу цветения, обычно это низкорослые сорта, тогда как у индетерминантов рост растений продолжается до фазы налива семян, такие сорта чаще всего высокорослые. С 2006 года во внутривидовой классификатор для сои был добавлен промежуточный тип (полудетерминантный), рост таких растений продолжается и после фазы цветения, и как правило, они относятся к среднерослым сортам [5, 6, 7].

Пригодность сорта к механизированной уборке в большой степени определяется высотой прикрепления нижних бобов, от этого напрямую зависят потери в урожае. Изменчивость данного признака только на 28 % определяется наследственными факторами, а остальное зависит от природно-климатических и агротехнических условий возделывания [8]. По мнению многих авторов, она должна составлять порядка 10-12 см [9]. Также немаловажным показателем для сои является ветвистость. Сорта способные к интенсивному ветвлению, при увеличении плотности стеблестоя в посеве зачастую снижают свою урожайность (Джонсон, 1965; Ала, 1982). В то же время формы с ограниченным ветвлением неспособны при изреживании посева компенсировать стеблестой развитием

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. дополнительных боковых побегов, что в свою очередь приводит к снижению урожая. По данным В.Е. Розенцвейга с соавторами (Розенцвейг, 2010), преимущество имеют умеренно ветвистые сорта, поскольку они проявляют большую пластичность по отношению к фактору «плотность стеблестоя» [10].

Цель исследований – выявление особенностей сортообразцов сои, входящих в коллекцию ФНЦ ЗБК по таким показателям, как тип роста, высота растений и прикрепления нижнего боба, а также степени ветвистости и их взаимосвязи с хозяйственно важными показателями – урожайностью и качеством зерна.

Методика исследования

Экспериментальные посевы были размещены в полевом опыте ФНЦ ЗБК. Предшественник – пар. Почва тёмно-серая лесная, среднесуглинистая, среднеокультуренная. Средние агрохимические показатели почвенного плодородия: содержание гумуса 4,4%, общего азота 0,14%, легкогидролизуемого азота 7 мг/100 г почвы, калия (K_2O) – 8 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (P_2O_5) – 7 мг/100 г почвы, рН солевой вытяжки – 5,1.

Посев осуществлялся селекционной сеялкой Клен-1,5 широкорядным способом. Уборка – в фазу полного созревания селекционным комбайном ZURN-150.

Фенологические наблюдения, визуальная оценка на полегаемость, выравненность материала, оценка фенотипической изменчивости количественных признаков проведены согласно Методическим указаниям ВИР (2010), Методике Госсорткомиссии РФ на ООС (2006) и Международному классификатору СЭВ (1990). Расчёты коэффициентов корреляции были выполнены с помощью программного пакета LibreOffice Version: 25.2.4.3 (X86_64).

Погодные условия вегетационного периода были контрастны по трем исследуемым годам (рис. 1). Так, в среднем, за весь период вегетации сои температура воздуха в 2022 году была ниже, чем в последующие годы и составляла 16°C. Более низкие температуры в мае и сентябре, в сравнении со средней многолетней, в сочетании с избыточным увлажнением (рис. 2) оказали отрицательное влияние на рост и развитие сои, и, в последующем, на ее урожайность и качество.

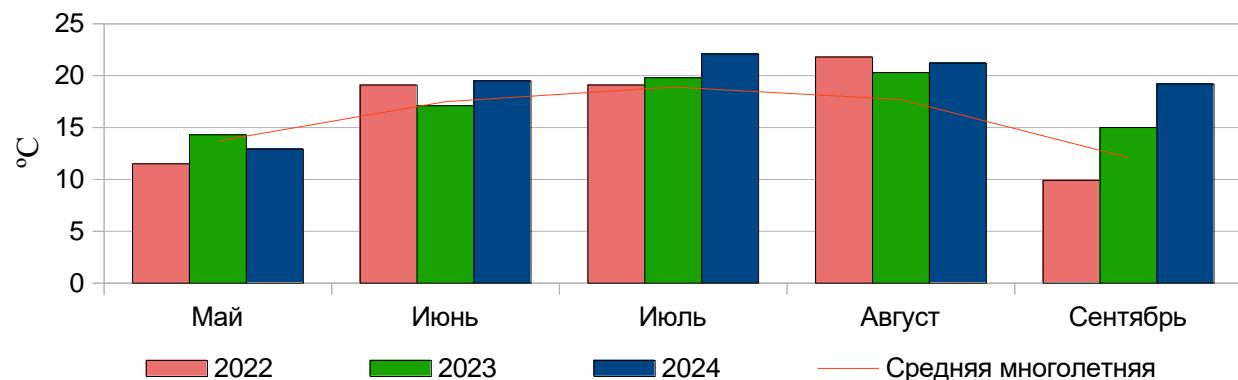


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха, °C (2022-2024 гг.).

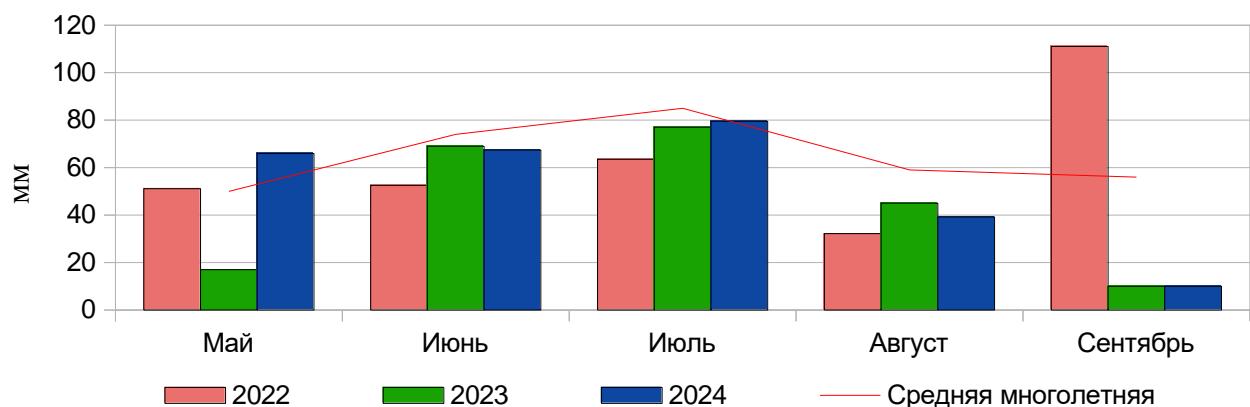


Рис. 2. Среднемесячная сумма осадков, мм (2022-2024 гг.).

В мае месяце температура воздуха была ниже средней многолетней нормы на 2,7°C и составила 11,3°C, что в свою очередь снизило энергию прорастания семян. Имело место избыточное увлажнение почвы в сентябре месяце, сумма составила 111,0 мм (рис. 2), это привело к переувлажнению почвы, что в свою очередь спровоцировало распространение возбудителя пероноспороза. Совокупность этих факторов отрицательно сказалось на урожае сои. 2023 год можно охарактеризовать как противоположный 2022 году, где на смену низким температурам мая и сентября с повышенными осадками приходят более высокие температуры воздуха и недостаток влаги. Средняя температура воздуха за исследуемые месяцы (с мая по сентябрь) в 2024 году составляла 19°C что характеризует вегетационный период более теплым, в сравнении с предыдущими годами, данный показатель превышает норму практически по всем исследуемым месяцам. За май сумма осадков составила 65,9 мм, что выше нормы на 31%, тогда как осадки в последующие месяцы были ниже нормы.

Результаты исследований

Высота растений – это важный технологический показатель для сои. Данный признак варьируется в зависимости от сорта и условий выращивания. Диапазон высот между самыми низкими и наиболее высокорослыми сортообразцами в среднем за 3 года различался от 71,3 см для сорта Ланцетная до 115,3 см у сорта Слава. В то же время средняя высота стеблестоя по опыту в 2022 и 2024 гг. составляла 96,0 и 97,6 см соответственно, что было больше, чем в 2023 году (88,8 см). Значительной высокорослостью выделялись сорта Слава, Припять, Амадеус и Кордoba с показателями в разные годы в пределах 110-120 см. Самыми низкорослыми в 2022-2024 гг. были сорта Ланцетная и Чера 1 со значениями от 60 до 71 см.

В таблице 1 представлены средние за 3 года показатели высоты растений. Выделены селекционные номера с высотой более 100 см, это 9 образцов, среди которых есть как образцы селекции ФНЦ ЗБК, так и зарубежного происхождения: Амадеус, Антигуа, Кордоба, Осмонь, Припять, Протина, Линия СГ64, Слава, Манену А. В группе сравнительно низкорослых с высотой менее 85 см также имеются 6 образцов разного происхождения: Ланцетная, Магева, Оникс 57, Линия СГ58, Фискеби, Чера 1. Наиболее многочисленной является группа сортообразцов с высотой от 85 до 100 см, в неё входят: Алиса, Белгородская 7, ЕС Командор, Зуша, Кураж, Линия Л-208, Лидер 1, Мезенка, Орлея, Линия СГ88, Сибниик 315, СК Дока, Шатиловская 17, Прота 80.

Таблица 1

Показатели высоты растений и высоты прикрепления нижнего боба сортообразцов сои в среднем за 3 года (2022-2024 гг.)

№ п/п	Сорт, линия	Высота растений, см	Высота прикрепления нижнего боба, см
1.	Алиса	88,3	13,3
2.	Амадеус	108,7	14,3
3.	Антигуа	101,3	13,7
4.	Белгородская 7	96,3	14,7
5.	ЕС Командор	89,0	15,3
6.	Зуша	86,0	11,0
7.	Кордоба	104,3	14,7
8.	Кураж	95,3	15,3
9.	Л-208	87,7	12,0
10.	Ланцетная	71,3	11,7
11.	Лидер 1	93,7	13,3
12.	Лидер 10	110,0	13,0
13.	Магева	82,0	12,0
14.	Мезенка	99,7	16,0
15.	Оникс 57	84,0	13,0
16.	Орлея	89,7	13,3
17.	Осмонь	105,7	14,3
18.	Припять	103,3	14,0

19.	Протина	102,0	14,3
20.	СГ58	82,3	13,7
21.	СГ64	107,3	15,7
22.	СГ88	96,3	11,7
23.	Сибник 315	85,0	11,3
24.	СК Дока	85,0	12,3
25.	Слава	115,3	16,3
26.	Фискеби	84,0	10,7
27.	Чера 1	71,7	11,3
28.	Шатиловская 17	98,7	13,0
29.	Manenu A	100,3	15,7
30.	Прота 80	99,3	12,7

Выявленные по признаку высоты растений корреляции между различными годами исследований имеют следующий вид: между показателями высот 2022 и 2023 гг. коэффициент корреляции составил 0,57; между 2023 и 2024 гг. коэффициент корреляции равнялся 0,70; между 2022 и 2024 гг. он снижался 0,44. В целом показатели коэффициента корреляции свидетельствуют об относительной однородности и стабильности значений признака высоты стеблестоя сои в разные годы исследований.

Высота прикрепления нижнего боба также очень важный показатель. Располагающиеся слишком низко бобы на растении (ниже 10-15 см), даже при использовании современных комбайнов, в большинстве случаев не обмолачиваются, что в производственных условиях снижает продуктивность посевов. Высокими значениями прикрепления нижнего боба (16-18 см) в разные годы исследований отличались сортообразцы ЕС Командор, Кураж, Линия СГ 64, Слава. Близко к поверхности почвы в 2022-2024 гг. наблюдений располагались бобы у селекционных образцов Ланцетная, Шатиловская 17, Чера 1, Линия Л-208, СК Дока и Фискеби со значениями в 8-11 см. Также выявлено, что в 2024 году нижние бобы в среднем располагались немного выше, чем в 2022 и 2023 годах.

Сортообразцы со средней высотой прикрепления нижнего боба в 12,5-15 см составили около половины из суммарного числа изучаемых образцов (табл. 1), к ним относились: Алиса, Амадеус, Антигуа, Белгородская 7, Кордoba, Лидер 1, Лидер 10, Оникс 57, Орлея, Осмона, Припять, Протина, Линия СГ58, Шатиловская 17, Прота 80. Наиболее высоко (более 15 см) на стебле крепились бобы сортообразцов: ЕС Командор, Кураж, Мезенка, Линия СГ64, Слава, Manenu A. Близко к поверхности почвы (с прикреплением ниже 12,5 см) располагались бобы у селекционных номеров: Зуша, Линия Л-208, Ланцетная, Магева, Линия СГ88, Сибник 315, СК Дока, Фискеби, Чера 1. При этом распределение по высоте выявило присутствие во всех группах различных по происхождению сортов.

Выраженные коэффициенты корреляции прикрепления нижнего боба между разными годами исследований были ниже, по сравнению с аналогичными показателями высоты растений, так между 2022 и 2023 гг. коэффициент корреляции составил 0,36; между 2023 и 2024 гг. равнялся 0,43; а между 2022 и 2024 годами корреляции почти не выявлялись (коэффициент корреляции 0,12).

В таблице 2 представлены корреляционные связи между морфологическими признаками и хозяйственными ценными показателями. Так, связь между урожайностью и высотой растений сравнительно нестабильная по годам, хотя средняя положительная тенденция всё же прослеживается. Похожая закономерность выявлена и с содержанием протеина. Обратная закономерность складывается при оценке содержания жира, здесь показатель корреляции отрицателен. Всё это свидетельствует о том, что сравнительно высокорослые образцы, часто более урожайны и могут содержать больше протеина и меньше жира в составе семян.

Корреляционные связи между морфологическими признаками и хозяйственно значимыми показателями

Показатель / год исследований	2022 г.	2023 г.	2024 г.	В среднем за 2022-2024 гг.
Высота растения				
Урожайность, т/га	0,16	0,31	0,43	0,38
Протеин, %	0,24	0,46	0,15	0,29
Жир, %	-0,25	-0,44	0,11	-0,26
Высота прикрепления нижнего боба				
Урожайность, т/га	0,06	0,33	0,42	0,45
Протеин, %	0,04	0,13	-0,17	-0,09
Жир, %	-0,09	0,15	0,22	0,11

Расположение нижнего боба имело слабую положительную корреляцию с урожайностью. В то же время каких-либо заметных зависимостей с показателями процентного содержания протеина и жира выявлено не было. При этом представленные числовые значения коэффициентов корреляции между урожайностью и прикреплением нижнего боба были схожи с таковыми между урожайностью и высотой растений.

Представляет интерес оценка влияния типа роста растений на показатели урожайности, белка и жира в семенах сои. Из 30 изучаемых образцов: 12 образцов – детерминанты (40%); 10 образцов – индетерминанты (33%); 8 образцов – промежуточный тип роста (полудетерминанты) (27%).

Для удобства распределения нами была сделана условная классификация, где к слабой степени ветвистости мы отнесли образцы с количеством ветвей от 0 до 2 штук, к средней степени образцы с количеством боковых ветвей 3-4 штук, к сильной степени ветвистости – от 5 и более штук. Среди детерминантных сортообразцов 10 имеют типичную для сои слабо выраженную ветвистость и только 2 новые линии СГ88 и Л-208 обладают сильно выраженной ветвистостью. Из 10 индетерминантных растений 6 образцов характеризуются сильно выраженной ветвистостью, 2 образца имеют среднюю ветвистость и 2 – со слабо выраженной ветвистостью. Все 8 сортообразцов с промежуточным типом роста (или полудетерминанты), однородные по данному показателю и имеют среднюю ветвистость (табл. 3).

На рисунке 3 представлена урожайность сои по трем годам исследований, сгруппированная по типу роста растений. При таком способе оценки, наибольшая урожайность в 2022 году отмечена у образцов с детерминантным типом роста – 3,09 т/га, а наименьшая у индетерминантных сортов – 2,89 т/га. В 2023 году, более благоприятном по климатическим условиям, урожайность выше относительно двух других лет, при этом значительных различий в урожае между группами не выявлено. В 2024 же году установлена обратная тенденция к 2022 году, наибольший урожай отмечен у образцов с индетерминантным типом роста – 3,15 т/га, наименьшая – у детерминантов – 2,98 т/га (рис. 3).

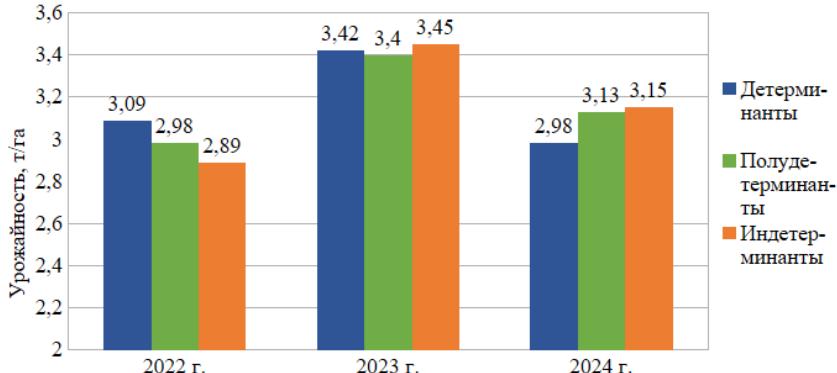


Рис. 3. Средняя урожайность коллекционных образцов сои, сгруппированных по типу роста, т/га (2022-24 гг.)

При группировке по степени ветвистости (рис. 4) наибольший урожай (от 3,03 до 3,46 т/га) по всем годам исследования отмечается у образцов с сильной ветвистостью, что говорит о значительном влиянии ветвистости на данный показатель.

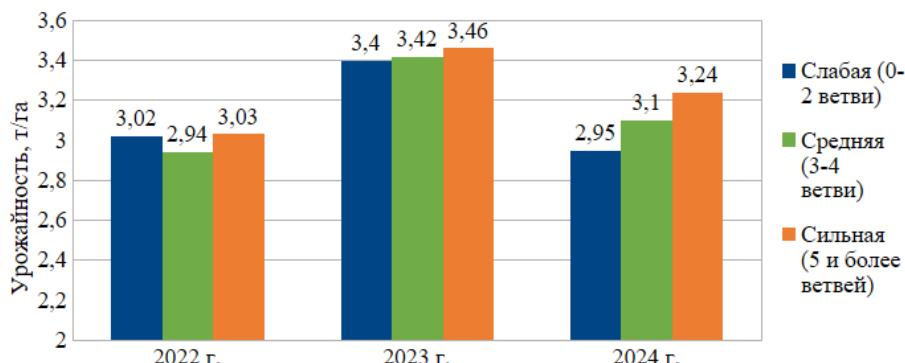
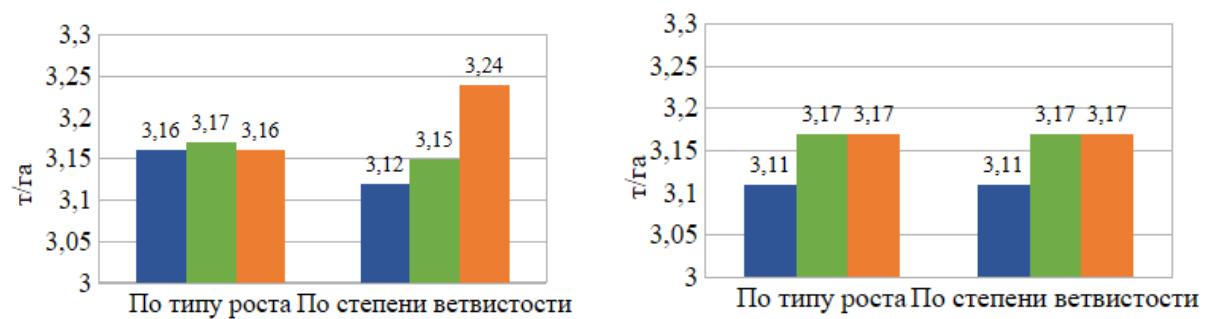


Рис. 4. Средняя урожайность коллекционных образцов сои, сгруппированных по степени ветвистости, т/га (2022-24 гг.)

На рисунке 5 представлена средняя урожайность коллекционных образцов по типу роста и степени ветвистости. В среднем за три года исследований, урожайность у образцов, сгруппированных по типу роста, существенных различий не имеет, тогда как в группировке по степени ветвистости выявлена явная тенденция увеличения урожая от образцов с слабой ветвистостью к сортам с сильной ветвистостью.



■ Детерминанты/Слабоветвистые ■ Полудетерминанты/Средневетвистые ■ Индетерминанты/Сильноветвистые

Рис. 5. Средняя урожайность коллекционных образцов по типу роста и степени ветвистости, т/га (2022-24 гг.)

Рис. 6. Средняя урожайность коллекционных образцов без учета нетипичных форм, т/га (2022-24 гг.)

На рисунке 6 такая же группировка за исключением образцов с нетипичными развитием боковых побегов (у детерминантов это образцы с сильным ветвлением, у индетерминантов со средней и слабой степенью ветвистости). Здесь видно, что детерминанты с низким показателем ветвистости имеют наименьший показатель урожайности в среднем по образцам за три года исследования, а полудетерминанты и детерминанты – равные показатели средней урожайности.

По итогам анализа 30 образцов сои были выделены 4 наиболее продуктивных, сочетающие высокие показатели как урожая, так и содержания белка в семенах: это 2 образца с детерминантным типом роста и сильным ветвлением – линии Л-208 со средними показателями урожайности – 3,37 т/га, содержанием белка – 43,5%, и СГ88 – урожайность – 3,54, белок – 46% (табл. 3).

**Показатели урожайности и качества семян сои исследуемых соортобормазцов
(среднее за 2022-2024 гг.)**

Сорт, линия	Ветвистость	Урожайность, т/га	Белок, % на с.в.	Жир, % на с.в.
Детерминанты				
Алиса	слабая	3,21	41,7	20,5
ЕС Командор	слабая	3,45	41,5	20,5
Л-208	сильная	3,37	43,5	19,9
Ланцетная	слабая	2,96	40,5	21,6
Лидер 1	слабая	3,29	41,7	20,9
Оникс 57	слабая	3,36	41,8	20,5
Орлея	слабая	3,37	41,0	19,7
Припять	слабая	3,29	41,9	20,8
СГ88	сильная	3,54	46,0	18,0
Фискеби	слабая	2,35	40,6	20,3
Чера 1	слабая	2,68	38,7	21,1
Manenu A	слабая	3,10	41,5	20,1
Среднее:		3,16	41,7	20,3
Полудетерминанты				
Антигуа	средняя	3,17	39,9	21,3
Зуша	средняя	3,12	41,3	21,4
Протина	средняя	2,94	45,4	18,0
СГ58	средняя	3,27	41,1	21,0
СГ64	средняя	3,49	42,7	20,1
Сибниик 315	средняя	2,71	40,9	20,0
СК Дока	средняя	3,08	39,5	20,5
Прота 80	средняя	3,57	45,5	17,7
Среднее:		3,17	42,0	20,0
Индетерминанты				
Амадеус	слабая	3,19	45,4	18,2
Белгородская 7	сильная	3,14	38,9	21,8
Кордoba	сильная	3,52	37,7	21,0
Кураж	слабая	3,21	40,6	18,9
Лидер 10	средняя	3,01	45,1	17,9
Магева	сильная	2,91	41,2	19,5
Мезенка	сильная	3,24	40,6	21,6
Осмонь	сильная	3,02	40,0	21,2
Слава	сильная	3,20	40,1	21,4
Шатиловская 17	средняя	3,19	41,7	20,2
Среднее:		3,16	41,1	20,2

А так же два образца с промежуточным типом роста и средней ветвистостью это селекционные линии СГ64 – 3,49 т/га средняя урожайность, 45,5% – содержание белка и Прота 80 со средней урожайностью 3,57 т/га, содержание белка – 45,5%.

Заключение

Выявлено, что высокорослые селекционные номера сои имеют положительную корреляцию с урожайностью – коэффициент корреляции по средним за 3 года значениям составил 0,38. Данный показатель не был стабилен по годам, однако высокорослые сортообразцы часто оказывались более продуктивны, чем низкорослые. Определена положительная корреляция между высотой растений и содержанием белка в семенах (коэффициент корреляции 0,29) и в то же время отрицательная с долей жира (коэффициент корреляции – 0,26). Найдена положительная корреляция высоты прикрепления нижнего боба с урожайностью (коэффициент корреляции 0,45), это связано со снижением потерь семян при уборке сортообразцов с высокими показателями высоты прикрепления нижних бобов. Установлено что наибольшими показателями урожайности (3,37-3,57 т/га) и содержанием белка в семенах (43,5-46%) отличаются сортообразцы сои с детерминантным типом роста и сильной ветвистостью (Л-208; СГ88), а так же с промежуточным типом роста (полудетерминанты) со средней ветвистостью (СГ64; СГ39).

Работа выполнена в рамках государственного задания № FGZZ-2025-0016 «Селекция и семеноводство новых адаптивных сортов сои с комплексом хозяйственnoценных признаков отличающихся различным типом роста, развитой генеративной сферой, повышенной продуктивностью, скороспелостью и высоким содержанием белка в зерне».

Литература

1. Бельшкина М.Е. Приоритетные направления развития производства сои в Российской Федерации. // Агро XXI. – 2013. – № 10/12. – С. 9-11.
2. Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 3-11.
3. Зеленцов С.В. Методические основы селекционного процесса у сои и его улучшающие модификации во ВНИИМК: обзор // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 128-143
4. Асанов А.М., Юсова О.А., Омельянюк Л.В. Новый перспективный сорт сои Сибириада. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 148-153.
5. Зеленцов С.В., Лучинский А.С. Усовершенствованная классификация типов роста сои // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2011. – № 2(148-149). – С. 88-94. – EDN РВМJZR.
6. Расурова В.А. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2025. – № 1(53). – С. 32-39. – DOI 10.24412/2309-348X-2025-1-32-39. – EDN ZHDBVB.
7. Кирюхин С.В., Гуринович С.О., Анисимов П. В. Изучение перспективных селекционных образцов сои в условиях Орловской области. // Актуальные направления роста эффективности возделывания зернобобовых культур: Материалы Всероссийской (Национальной) научно-практической онлайн конференции, Орел, 17 февраля 2022 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Пахотина, 2022. – С. 50-55. – EDN USNSPH.
8. Созонова А.Н., Иваненко А.С. Структура урожая скороспелых сортов сои в Тюменской области. // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2017. – № 2(37). – С. 90-94. – EDN YUDIOF.
9. Зайцева О.А., Рожкова А.С. Технологичность сои в условиях Брянской области // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XVIII международной

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. научной конференции, Брянск, 24-25 мая 2021 года. Том Часть 2. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. – С. 61-67. – EDN HQMMIA.
10. Албегов Р.Б. Ветвление стебля как фактор адаптивности стабильности сортообразцов сои. // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50, – № 2. – С. 317-321. – EDN QCFISF.

References

1. Belyshkina M.E. Priority areas for the development of soybean production in the Russian Federation. *Agro XXI*, 2013, no. 10/12, pp. 9-11.
2. Zaitsev N.I., Bochkarev N.I., Zelentsov S.V. Prospects and directions of soybean breeding in Russia in the context of the implementation of the national import substitution strategy. *Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*. 2016, Iss. 2 (166), pp. 3-11.
3. Zelentsov S.V. Methodological principles of the soybean breeding process and its improving modifications at VNIIMK: a review. *Maslichnye kul'tury*, 2020, Iss. 2 (182), pp. 128-143.
4. Asanov A.M., Yusova O.A., Omel'yanyuk L.V. Novyi perspektivnyi sort soi Sibiriada. *Maslichnye kul'tury*. 2020, Iss. 2 (182), pp. 148-153.
5. Zelentsov S.V., Luchinskii A. S. Improved classification of soybean growth types. *Maslichnye kul'tury*. 2011, no. 2(148-149), pp. 88-94, EDN PBMJZR.
6. Rasulova, V.A. The influence of cultivation technology elements on soybean productivity. *Zernobobovye i krupyaneye kul'tury*, 2025, no. 1(53), pp. 32-39, DOI 10.24412/2309-348X-2025-1-32-39, EDN ZHDBVB.
7. Kiryukhin S.V., Gurinovich S.O., Anisimov P.V. Study of promising soybean breeding samples in the Oryol region. Current trends for increasing the efficiency of legume cultivation.: Proc. Vserossiiskoi (Natsional'noi) nauchno-prakticheskaya onlain konf., Orel, 17.02. 2022, Orel: OGAU nd. after Parakhin, 2022, pp. 50-55, EDN USNSPH.
8. Sozonova A.N., Ivanenko A. S. The structure of the yield of early maturing soybean varieties in the Tyumen region. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya*, 2017, no. 2(37), pp. 90-94, EDN YUDIOF.
9. Zaitseva O.A., Rozhkova A.S. Technological feasibility of soybean cultivation in the Bryansk region. Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: Proc. XVIII Int. Scientific Conf., Bryansk, May 24-25, 2021. Volume Part 2, Bryansk: Bryanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2021, pp. 61-67, EDN HQMMIA.
10. Albegov R.B. Stem branching as a factor in the adaptability of soybean variety stability. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, Vol. 50, no. 2, pp. 317-321, EDN QCFISF.

НАСЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ СЕМЯН, ХАРАКТЕРНОЙ ДЛЯ *FAGOPYRUM CYMOSUM*, В СКРЕЩИВАНИЯХ С *F. TATARICUM*

И.Н. ФЕСЕНКО, доктор биологических наук, <https://orcid.org/0000-0002-3612-422X>

Н.Н. ФЕСЕНКО, кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0001-9805-9059>

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

Аннотация. Изучен генетический контроль различий между *Fagopyrum cymosum* и *F. tataricum* по форме семян. Исследования проведены на тетраплоидном материале с использованием образца к-4231 *F. cymosum* (семена с гладкими ровными гранями и четко выраженным ребрами) и образца к-108 *F. tataricum* (тип round, генотип smksmk/SPLSPL, семена с бороздкой без шипов). Фертильный амфидиплоид *F. giganteum*, полученный в комбинации к-108 × к-4231, формирует семена с четко выраженным шипом, что свидетельствует о неallelльности рецессивных мутаций, определяющих тип семян родительских видов. Гибриды *F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum* также формировали семена с шипами. Среди гибридов *BC₁F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum*, расщепляющихся по генам *F. tataricum*, было 20 растений с семенами, аналогичными *F. cymosum* (гладкие грани и четкие ребра), и 21 растение с семенами, характерными для *F. giganteum* (с шипами) ($\chi^2(1:1)=0,02$; $P=0,88$). Таким образом, отсутствие шипов, а также другие характеристики семян *F. cymosum* контролируются одним рецессивным геном, и этот вид может рассматриваться как перспективный источник формы семян, аналогичной *F. esculentum*, в селекционных программах по улучшению татарской гречихи благодаря возможности межвидового обмена генами.

Ключевые слова: гречиха татарская, *Fagopyrum tataricum*, *F. cymosum*, форма семян.

Для цитирования: Фесенко И.Н., Фесенко Н.Н. Наследование формы семян, характерной для *Fagopyrum cymosum*, в скрещиваниях с *F. Tataricum*. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):79-84 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-79-84

INHERITANCE OF THE SEED FORM CHARACTERISTIC OF *FAGOPYRUM CYMOSUM* IN CROSSES WITH *F. TATARICUM*

I.N. Fesenko, N.N. Fesenko

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROATS CROPS

Abstract: The genetic control of differences in seed shape between *Fagopyrum cymosum* and *F. tataricum* was studied. The experiments were conducted on tetraploid material using the *F. cymosum* sample k-4231 (seeds with smooth even sides and distinct ribs) and the *F. tataricum* sample k-108 (round type, smksmk/SPLSPL genotype, seeds with a groove without notches). The fertile amphidiploid *F. giganteum* obtained in the combination k-108 × k-4231 forms seeds with clearly defined notches, which indicates the recessive mutations determining the seed type of the parental species are not allelic. Hybrids *F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum* also formed seeds with notches. Among the *BC₁F₁* *F. cymosum* × *F. giganteum* hybrids segregating for *F. tataricum* genes, there were 20 plants with seeds similar to *F. cymosum* (smooth sides and distinct ribs) and 21 plants with seeds characteristic of *F. giganteum* (with notches) ($\chi^2(1:1)=0.02$; $P=0.88$). Thus, the absence of notches together with other traits of *F. cymosum* seeds are controlled by a single recessive gene, and this species can be considered as a promising source of a seed form similar to

Keywords: tartary buckwheat, *Fagopyrum tataricum*, *F. cymosum*, seed shape.

Введение

Fagopyrum tataricum Gaertn. (гречиха татарская) – один из двух культивируемых видов гречихи. Она возделывается в горных районах юго-восточной Азии и в условиях низкозатратного земледелия превышает по урожайности гречиху обыкновенную (*F. esculentum* Moench.). В Китае площади под татарской гречихой составляют примерно треть от всех площадей под гречихой [1, 2, 3].

Зерно большинства образцов *F. tataricum* имеют массивную и трудноотделимую оболочку, в связи с чем мало пригодно для обрушивания [4, 5]: чаще всего оно вместе с оболочками размалывается в муку, используемую для приготовления лапши и кондитерских изделий. Эта мука, как и крупа из гречихи обыкновенной, почти идеально сбалансирована по аминокислотному составу и не содержит клейковины. Кроме того, она существенно превосходит зерно *F. esculentum* по содержанию флавоноидов; например, содержание рутина в семенах *F. tataricum* составляет 0,8-1,7%, что приблизительно в 100 раз превышает аналогичный показатель *F. esculentum* (около 0,01%) [6]. Это делает гречиху татарскую особо ценным компонентом диетического и лечебного питания, в частности, при диабете, сердечно-сосудистых заболеваниях и аллергии на продукты из пшеницы [7, 8].

В рамках внутривидовой изменчивости татарской гречихи существуют образцы с так называемым «рисовым (rice)» типом зерна, относительно низкопленчатые и более пригодные для обрушивания [5, 9]. Такой тип семян контролируется двумя рецессивными генами, *smk* и *spl* [9], причем рецессивная гомозигота только по локусу *SMK* обуславливает отсутствие шипов на семенах (тип «round»), поэтому в скрещивании rice × round в *F₂* получено моногенное расщепление (3 round : 1 rice) [9, 10].

Дополнительным источником изменчивости для *F. tataricum* может служить дикий многолетний вид *F. cymosum* Meisn., формирующий семена с ровными гранями и четко выраженными ребрами (как у *F. esculentum*). Гибрид *F. tataricum* × *F. cymosum* на тетрапloidном уровне впервые был получен А.С. Кротовым и Е.Т. Драненко (1973). Полученный амфидиплоид оказался стабильным и получил статус видовой формы *F. giganteum* Krotov. Эта работа была продолжена: были получены сначала гибриды *F. tataricum* (4x) × *F. giganteum* [11], и затем – реципрокные гибриды *F. giganteum* с обоими родительскими формами [12].

Для планирования использования дикого вида *F. cymosum* в качестве донора формы семян для *F. tataricum* необходима информация о генетическом контроле межвидовых различий по этому признаку. Цель работы – изучение генетического контроля различий между *F. cymosum* и *F. tataricum* по форме семян.

Материал и методика

Растительный материал

Исследования проведены на тетрапloidном материале в связи с более высокой фертильностью межвидовых гибридов (по сравнению с диплоидами). При скрещивании амфидиплоида *F. giganteum* с любым из родительских видов получаются гибриды, несущие три набора хромосом одного вида и один набор – другого вида. Таким образом, в мейозе таких беккроссов два гаплоидных набора рекуррентного родителя a priori не участвуют в межвидовой рекомбинации, что, вероятно, заметно увеличивает долю жизнеспособных гамет. И, хотя фертильность достаточно низка, как правило, удается получить некоторое количество семян для генетического анализа.

В эксперименте были использованы следующие образцы:

F. cymosum: к-4231, гетеростильный тетрапloidный образец;

F. giganteum: в работе использован амфидиплоид, полученный нами в комбинации *F. tataricum* (к-108*) × к-4231.

*образец к-108 *F. tataricum* представляет собой тетрапloidный аналог образца к-17, генотип по форме семян *smk**smk**SLG**SLG* (тип round).

Схема эксперимента

Для получения популяции, расщепляющейся по генам *F. tataricum* были выполнены следующие скрещивания.

1) Гибридизация *F. cymosum* (Д) \times *F. giganteum* (К). Было проведено четыре серии скрещиваний с участием разных растений. В трех из них завязываемость оказалась нулевой. В четвертой получено 5 выполненных гибридных семян.

2) Среди полученных гибридов отобраны длинностолбчатые растения, которые были в контролируемых условиях опылены пыльцой короткостолбчатых растений образца к-4231 *F. cymosum*.

Полученные таким образом тетраплоидные гибриды BC₂F₁ *F. cymosum* (к-4231) \times *F. tataricum* (к-108) высеваны по схеме 10x20 см. В связи с позднеспелостью данного материала генетический анализ по форме семян проведен в сентябре, после созревания некоторого количества семян на растениях.

Результаты и обсуждение

Анализ наследования формы семян в скрещиваниях между *F. tataricum* и *F. cymosum*.

Анализировали гибриды между тетраплоидными образцами к-108 *F. tataricum* и к-4231 *F. cymosum*. В комбинации к-108 \times к-4231 получен фертильный амфидиплоид, аналогичный по геномному составу искусственной видовой форме *F. giganteum* Krotov. Линия к-108 (тетраплоидный аналог линии к-17) формирует семена с бороздкой без шипов (тип round, генотип smksmk/SPLSPL) (рис. 1 г), но с более грубой оболочкой, чем у диплоидного аналога. Семена *F. cymosum* имеют гладкие ровные грани и четко выраженные ребра (рис. 1 а). Искусственный амфидиплоид формирует семена типа «notched» с четко выраженными шипами (рис. 1 в), то есть происходит восстановление доминантного типа. Таким образом, рецессивные мутации, вызывающие отсутствие скульптурных образований (шипов или «зарубок») на оболочке плода у *F. cymosum* и *F. tataricum* неаллельны. Гибриды F₁ *F. cymosum* \times *F. giganteum* также формировали семена с шипами (рис. 1 б).

Дальнейший генетический анализ проведен на гибридах BC₁F₁ *F. cymosum* \times *F. giganteum* (гибриды F₁ *F. cymosum* \times *F. giganteum* опыляли пыльцой *F. cymosum*: получено расщепление по генам *F. tataricum*, аналогичное расщеплению при анализирующем скрещивании). Среди этих гибридов 20 формировали семена, аналогичные семенам образца к-4231 (гладкие ровные грани и четко выраженные ребра) (рис. 2), и 21 – аналогичные семенам, характерным для *F. giganteum*, то есть с выраженными скульптурными образованиями (рис. 3). Это свидетельствует о рецессивном моногенном контроле типа семян, характерного для образца к-4231 *F. cymosum* ($\chi^2(1:1)=0,02$; P=0,88).

Семена *F. cymosum* аналогичны семенам возделываемого в качестве крупяной культуры *F. esculentum*: ровные грани и четко выраженные ребра. Простое наследование такого типа семян в скрещиваниях с *F. tataricum* делает *F. cymosum* перспективным источником этого признака в селекционных программах по татарской гречихе. Кроме того, показано, что рецессивные гены, определяющие тип семян видов *F. esculentum* и *F. cymosum* функционально аллельны [13]. Это означает, что, несмотря на невозможность обмена генами между *F. esculentum* и *F. tataricum*, можно получить вариант *F. tataricum*, формирующий зерно, по форме аналогичное зерну *F. esculentum*, причем на такой же генетической основе.

Заключение

Отсутствие шипов (зарубок) на семенах *F. cymosum* обусловлено одним рецессивным геном. Поскольку существует возможность обмена генами между *F. cymosum* и возделываемым видом *F. tataricum*, *F. cymosum* может рассматриваться как перспективный источник селекционно-ценного варианта формы семян в программах по улучшению татарской гречихи.

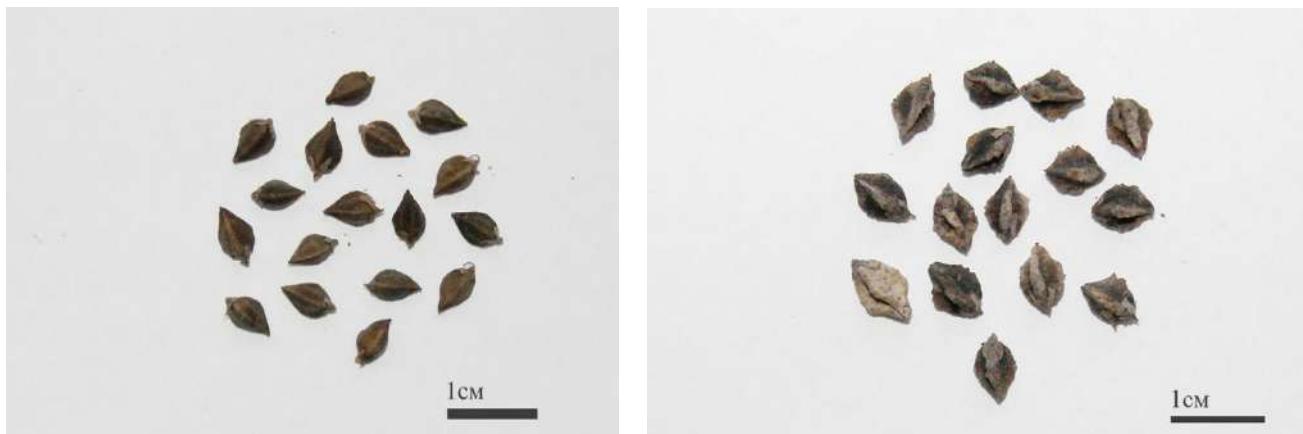


Рис. 1 а Семена к-4231 *F. cymosum*

Рис. 1 б Семена F₁ (*F. cymosum* × *F. giganteum*)

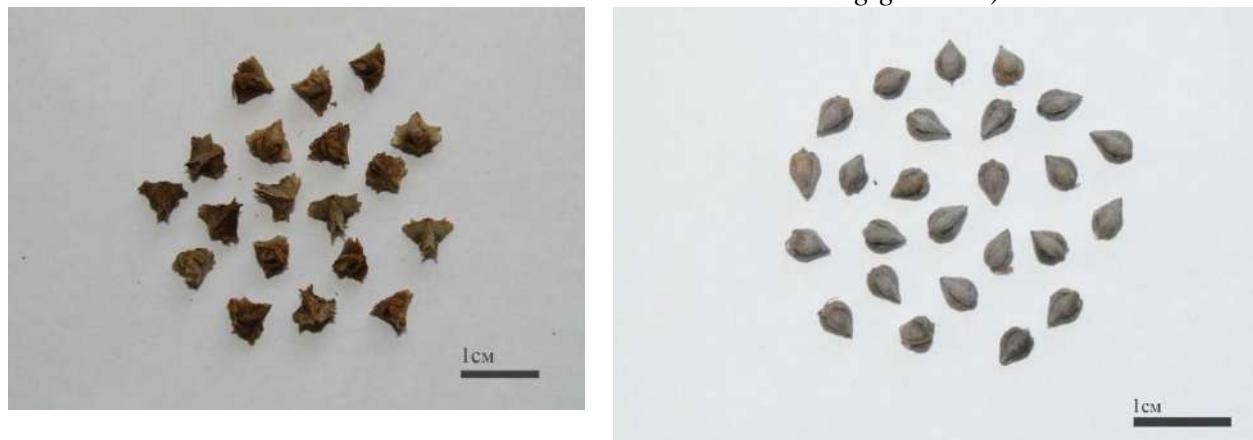


Рис. 1 в Семена *F. giganteum* (к-108 × к-4231)

Рис. 1 г Семена к-108 *F. tataricum*



Рис. 2. *F. cymosum*-подобные семена некоторых индивидуальных
растений BC₁F₁ *F. cymosum* (к-4231) × *F. giganteum*



Рис. 3. *F. giganteum*-подобные семена некоторых индивидуальных
растений BC_1F_1 *F. cymosum* (к-4231) \times *F. giganteum*

Литература/References

1. Lin R., Tao Y., Li X. Preliminary division of cultural and ecological regions of Chinese buckwheat. Proc. 5th Intl. Symp. Buckwheat at Taiyuan, 1992, pp. 29-35.
2. Campbell C. Buckwheat crop improvement. *Fagopyrum*, 2003, V.20, pp. 1-6.
3. Wang Y.J., Campbell C. Buckwheat production, utilization and research in China, *Fagopyrum*, 2004, V.21, pp. 123-133.
4. Hirose T., Yoshida M., Nemoto K., Kitabayashi H., Minami M., Matano T., Sherchand K.K., Ujihara A. Diversity of grain character of Tartary buckwheat in Nepal, Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina, 1995, V.1, pp. 385-388.
5. Mukasa Y., Suzuki T., Honda Y. Hybridization between ‘Rice’ and normal Tartary buckwheat and hull features in the F₂ segregates, Proc. 10th Intl. Symp. Buckwheat at Yangling, 2007, pp.152-154.
6. Fabjan, N, Rode J., Joze, Koir I.J., Wang Z., Zhang Z., Kreft I. Tartary buckwheat as a source of dietary rutin and quercitrin, *J. Agric. Food Chem*, 2003, V. 51, p. 6452-6455.
7. Lin R.F., Song J.C. To the point of Tartary buckwheat, In: Lin, R. and K. Ikeda (eds.) Proc. Intl. Forum on Tartary Buckwheat Industrial Economy. *China Agricultural Science and Technology Press*, 2006, pp. 3-4.
8. Tang Y., Sun J., Peng D., Liu J. Nutritive value of Sichuan Tartary buckwheat and its development and utilization, In: Lin, R. and K. Ikeda (eds.) Proc. Intl. Forum on Tartary Buckwheat Industrial Economy. *China Agricultural Science and Technology Press*, 2006, pp. 10-15.
9. Fesenko I.N. Genes SMK (smooth kernel) and SLP (split) determine the quantitative distinctions between different forms of seeds of *F. tataricum*, *Fagopyrum*, 2010, V. 27, pp. 9-11.
10. Wang Y., Campbell C. Tartary buckwheat breeding (*Fagopyrum tataricum* L. Gaertn.) through hybridization with its Rice-Tartary type, *Euphytica*, 2007, V.156, pp. 399-405.
11. Fesenko I.N., Fesenko N.N. Study of F₂ generation of interspecific hybrid in combination *Fagopyrum tataricum* × *F. giganteum*, Proc. 7th Intl. Symp. Buckwheat at Winnipeg, 1998, Part 6, pp. 36-40.
12. Fesenko I.N., Fesenko N.N., Ohnishi O. Compatibility and congruity of interspecific crosses in *Fagopyrum*, Proc. 8th Int. Symp. Buckwheat at Chunchon, 2001, V.1, pp. 404-410.
13. Fesenko I.N., Bondarev N.I., Rezunova O.V., Evsyuticheva D.E., Fesenko A.N. Hybridization with *Fagopyrum cymosum* Meisn. as a way to make cultivated Tartary buckwheat (*F. tataricum* Gaertn.) with grain characteristics typical for common buckwheat (*F. esculentum* Moench.), *Breeding Science*, 2022, V. 72, pp. 232-237.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФАСЦИАЦИЙ У ГРЕЧИХИ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH*)

Л.Р. КЛИМОВА, младший научный сотрудник, E-mail: li21@mail.ru

Д.О. ОМЕЛЬЧЕНКО, кандидат биологических наук, E-mail: omdeno@yandex.ru

Г.И. ИМАТУЛЛИНА, младший научный сотрудник, E-mail: morozisummer@gmail.com

М.Д. ЛОГАЧЕВА, кандидат биологических наук, E-mail: maria.log@gmail.com

ФГБНУ ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

Аннотация. Проведенное комплексное исследование направлено на анализ морфологической дифференциации морфотипов гречихи, ассоциированных с фасциацией, с применением многомерных статистических методов. Актуальность работы обусловлена необходимостью выявления фундаментальных закономерностей структуры изменчивости для целей селекции. Новизна заключается в установлении двух альтернативных стратегий продуктивности: развития боковых побегов (ГК1) и доминирования главного побега (ГК2), выявленных с помощью анализа главных компонент (PCA). Основные положения работы подтверждаются цифровыми данными: статистически значимые различия по 12 из 16 признаков (75%), высокая эффективность классификации методом LDA (общая точность 95%) и градиент изменчивости от нефасцированных форм к фасцированным. Установлено, что фасциация выступает фактором количественной интенсификации существующих программ развития, а не формирования качественно новых типов. Ключевой вывод заключается в том, что дифференциация морфотипов носит непрерывный характер, а селекция на продуктивность должна быть направлена на комбинирование выявленных стратегий. Результаты работы предоставляют диагностическую основу для оптимизации структуры урожая на основе таких информативных признаков, как вес зерна с главного побега и параметры зоны плодообразования.

Ключевые слова: гречиха (*Fagopyrum esculentum*, M.), фасциация, габитус растения, морфология растения, статистическая обработка.

Для цитирования: Климова Л.Р., Омельченко Д.О., Иматуллина Г.И., Логачева М.Д. Морфологический анализ фасциаций у гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench). Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):85-97 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-85-97

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF FASCIATIONS IN BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH*)

L.R. Klimova, D.O. Omelchenko, G.I. Imatullina, M.D. Logacheva

FEDERAL RESEARCH CENTER OF THE KAZAN SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, Kazan, Russia

Abstract: This comprehensive study aimed to analyze the morphological differentiation of buckwheat morphotypes associated with fasciation using multivariate statistical methods. The relevance of the work is driven by the need to identify fundamental patterns in the structure of variability for breeding purposes. The novelty lies in establishing two alternative productivity strategies: the development of lateral shoots (PC1) and the dominance of the main stem (PC2), identified through principal component analysis (PCA). The main findings are supported by numerical data: statistically significant differences in 12 out of 16 traits (75%), high classification efficiency using LDA (overall accuracy of 95%), and a gradient of variability from non-fasciated to fasciated forms. It was established that fasciation acts as a factor of quantitative intensification of

existing developmental programs rather than the formation of qualitatively new types. The key conclusion is that the differentiation of morphotypes is continuous, and breeding for productivity should be aimed at combining the identified strategies. The results provide a diagnostic basis for optimizing yield structure based on informative traits such as grain weight from the main stem and parameters of the fruiting zone.

Keywords: buckwheat (*Fagopyrum esculentum*, M.), fasciation, plant habitus, productivity, plant morphology, static analysis.

Введение

В условиях глобальных вызовов, связанных с обеспечением продовольственной безопасности, возрастаёт стратегическая значимость культур, обладающих высокой питательной ценностью и адаптационной пластичностью. К числу таких растений относится гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) – важная псевдозерновая культура, зерно которой служит источником полноценного белка, рутина, кверцетина и других биологически активных соединений [1]. Однако ее продуктивный потенциал реализуется не в полной мере вследствие ряда биологических особенностей, таких как гетеростилия и самонесовместимость, что лимитирует урожайность и осложняет селекционный процесс [2]. В этой связи поиск и мобилизация новых источников ценных морфологических признаков для создания высокопродуктивных сортов являются актуальным направлением современных агробиологических исследований.

Одним из малоизученных, но потенциально значимых феноменов, представляющих интерес для селекции, является фасциация (от лат. *fascia* – повязка, полоса). Данная терратологическая модификация характеризуется уплощением и срастанием осевых органов растения (побегов, соцветий, стеблей), что приводит к формированию атипичных структур гребневидной, ленточной или веерообразной формы [3, 4]. Исторически фасциация рассматривалась как курьёзная аномалия развития, не имеющая практической ценности. Однако накопленный к настоящему времени массив данных позволяет пересмотреть эту точку зрения и рассматривать фасциацию как комплексный морфогенетический процесс, способный оказывать существенное влияние на продукционные характеристики растения [5, 6].

Этиология фасциации носит полиэтиологический характер. Как показывают исследования, ее проявление может быть индуцировано как генетическими факторами (мутации, затрагивающие функционирование апикальных меристем), так и абиотическими стрессами, действием фитопатогенов (бактерий, вирусов, фитоплазм), химическими мутагенами и гормональными дисбалансами, в частности, нарушением синтеза и транспорта ауксинов [4, 7]. Сложность и вариабельность проявления фасциации, подробно рассмотренные в трудах [5, 8, 9], требуют применения комплексного подхода, интегрирующего методы морфологии, анатомии, генетики и физиологии растений.

Влияние фасциации на продуктивность сельскохозяйственных культур неоднозначно и зависит от вида растения, типа пораженного органа и условий окружающей среды. С одной стороны, фасциация может негативно сказываться на устойчивости растений, нарушая архитектонику побеговой системы и проводящие пути, что повышает риск полегания и снижает эффективность ассимиляции [4]. С другой стороны, у ряда видов, включая тыквенные, фасциация генеративных органов может сопровождаться увеличением количества цветков и размеров плодов, что потенциально способствует росту урожайности [10]. Подобная двойственность делает целесообразным детальное изучение данного феномена в отношении конкретных культур.

Применительно к гречихе, исследования фасцированных форм носят фрагментарный характер, однако имеющиеся данные свидетельствуют об их перспективности. Работы, выполненные на базе Казанского государственного аграрного университета, указывают на возможность использования новых морфобиотипов, в том числе и с элементами фасциации, в селекционных программах, направленных на создание сортов, адаптированных к засушливым условиям Среднего Поволжья [11]. Более того, изучение формирования

качества плодов в процессе селекции гречихи подчеркивает важность учета морфологических особенностей, к числу которых может быть отнесена и фасциация [12]. Таким образом, выявление, стабилизация и оценка хозяйственно ценных признаков у фасцированных форм гречихи представляет собой актуальную научно-практическую задачу.

Цель исследования – оценить растения гречихи с различными видами фасциаций по хозяйственно ценным признакам методами вариационной статистики.

Условия, материалы и методы

Работу проводили на экспериментальных полях Татарского НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН в 2025 году, находящихся в Лаишевском муниципальном районе Республики Татарстан. Объектами исследования были различающиеся по архитектонике растения гибридных форм гречихи, разделенные на несколько групп по общим морфологическим признакам.

Нефасцированный морфотип – растения высокорослые, с большим числом узлов и хорошо развитым ветвлением. Генеративная зона растянута по длине растения и образована короткими кистями и крупным щитком. Зона плодообразования начинается с 4-5 узла.

Морфотип «Кудрявый» – фасциации затрагивают сами побеги, в которых развиваются кудрявые ветви. Кудрявость стеблей и побегов выражается в виде неравномерного роста стебля по оси, что вероятно обусловлено неравномерной концентрацией ростовых веществ на данном участке.

Морфотип «Комковатое верхушечное соцветие» (далее КВС) – у данных растений фасциации охватывают верхушечную часть побега, благодаря которому репродуктивная сфера растения представлена одним хорошо озерненным шаровидным соцветием.

Морфотип «Ветвление боковых соцветий» (далее ВБС) – у растений фасциации затрагивают полностью растение, однако отличительной чертой данной группы является срастание пазушных соцветий на главном стебле, при котором на 1 узле после верхушечного соцветия образуется двойное пазушное соцветие.

Для проведения морфоанатомического анализа были отобраны 25 типичных растений каждой исследуемой группы в фазу уборочной спелости. Образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105°C до абсолютно сухого состояния.

Исследование было проведено на основе морфологических данных растений, включающих количественные показатели вегетативного и генеративного развития. Исходные данные содержали измерения по 21 морфологическому признаку, сгруппированные в следующие категории: параметры роста (высота растения, число узлов), ветвления (число ветвей 1-го, 2-го и 3-го порядков), развития зон вегетативных и побегообразовательных структур, продуктивности (число соцветий, количество и масса зерен главного и боковых побегов) и биомассы (масса соломы, корня).

Многолетними исследованиями были установлены оптимальные значения среднесуточной температуры воздуха и количество выпадающих осадков, при которых формируется максимальная урожайность (Петелина Н.Н., Савинова Г.В., Шакурова Ф.З., 1972). Анализ метеорологических условий вегетации гречихи показал, что гидротермические условия 2025 года были оптимальными для роста и развития гречихи (табл. 1).

Май 2025 года по среднесуточной температуре был на уровне среднемноголетних данных, однако сумма эффективных температур выше 10°C была больше нормы на 26°C, а количество выпавших осадков было выше в 2,25 раза выше нормы.

Посев был произведен в оптимальные сроки, в первой декаде июня. После посева в межфазный период «посев- всходы» среднесуточная температура была незначительно выше оптимальной среднесуточной температуры (на 0,5°C), при этом сумма выпавших осадков составило 37% от оптимальной нормы осадков межфазного периода «посев-всходы».

Гидротермические условия в период вегетации гречихи в 2025 году

Метеорологические условия	Посев - всходы	Всходы - бутонизация	Бутонизация - цветение	Цветение - плодообразование	Плодообразование – побурение плодов
Оптимальная среднесуточная температура, °C	18,8	16-20			18-20
Среднесуточная температура воздуха, °C	19,3	17,6	16,8	21,3	20,1
Количество дней с максимальной температурой воздуха +25°C и выше	1	0	0	3	0
Оптимальная норма осадков за период, мм	58	60			90-100
Сумма осадков, мм	22	69,9	22,2	19,9	5,4

Наиболее оптимальные условия за время вегетационного периода 2025 года сложились в межфазный период «всходы-бутонизация». Среднесуточная температура воздуха была в пределах оптимума и составила 17,6°C, а количество выпавших осадков превысило оптимальные значения практически на 10 мм. Такие гидротермические условия позволили растениям раскрыть генетический потенциал при формировании архитектоники растений.

В межфазный период «бутонизация-цветение» был оптимальный температурный режим, при этом стоит отметить, что в 2025 году в этот период не было дней с критически высокой среднесуточной температурой для растений гречихи, которая равняется +25°C и выше. Количество выпавших осадков было ниже оптимального значения, однако гидротермический коэффициент, рассчитанный для этого периода, составил 4,63, что говорит о достаточном количестве влаги для роста и развития растений гречихи. Единственным отрицательным момент является малое количество солнечной инсоляции из-за постоянной облачности, что отразилась на процессах фотосинтеза и было определено по мозаичности листьев.

В критический период «цветение – плодообразования» среднесуточная температура превысила оптимальные значения на 1,3°C, при этом было отмечено 3 дня с критически высокой среднесуточной температурой. Количество выпавших осадков в этот период составило 19,9 мм, однако симптомом увядания на растениях не зафиксировано из-за достаточного количества почвенной влаги.

В конце вегетации температурный режим был в оптимальных значениях, количество дней со среднесуточной температурой выше +25°C не было зафиксировано. Количество выпавших осадков было ниже оптимальных значений, однако в сочетании с оптимальной среднесуточной температурой создали благоприятные условия для налива зерна.

Анализ включал многомерные методы и алгоритмы машинного обучения. Метод главных компонент (PCA) использовался для снижения размерности и визуализации структуры данных. Линейный дискриминантный анализ (LDA) использовался для классификации морфотипов и выявления наиболее дискриминативных признаков.

Статистическая значимость различий между морфотипами оценивалась с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) для нормально

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. распределенных данных и теста Крускала-Уоллиса для ненормальных распределений. Визуализация результатов включала создание биплотов PCA, графика LDA, боксплотов распределения признаков, графиков важности переменных и результатов статистических тестов. Все анализы и визуализация результатов были выполнены в среде R 4.5.1 с использованием пакетов tidyverse, MASS, FactoMineR, factoextra, cluster, vegan, caret, ggpunr и других специализированных пакетов.

Результаты и обсуждение

Анализ распределения ключевых морфологических признаков с использованием диаграмм размаха выявил сложный характер дифференциации морфотипов. Наблюдается значительное перекрытие межквартильных диапазонов у фасцированных морфотипов при относительном обособлении нефасцированной формы по части признаков. Раздельная визуализация генеративных (рис. 1) и вегетативных (рис. 2) параметров показывает, что наиболее выраженные различия между морфотипами наблюдаются в 3 из 6 признаках продуктивности (число соцветий на главном стебле, число зерен с главного побега, вес зерна с главного побега), и в 4 из 10 вегетативных признаках (число узлов на главном стебле, длина и число узлов ЗПС, вес соломы). Остальные признаки демонстрируют более сглаженные градиенты изменчивости.

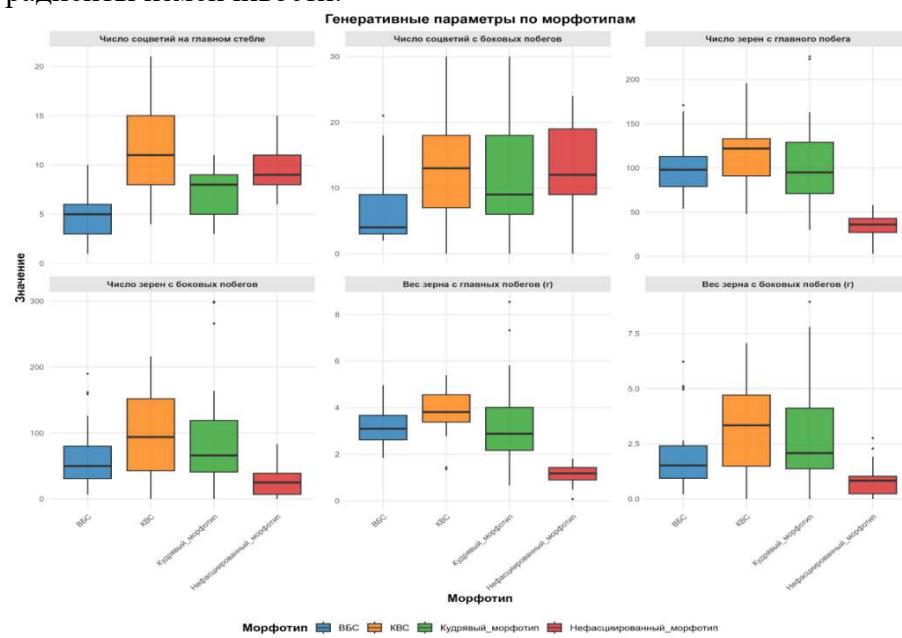


Рис. 1. Диаграммы размаха генеративных признаков по морфотипам

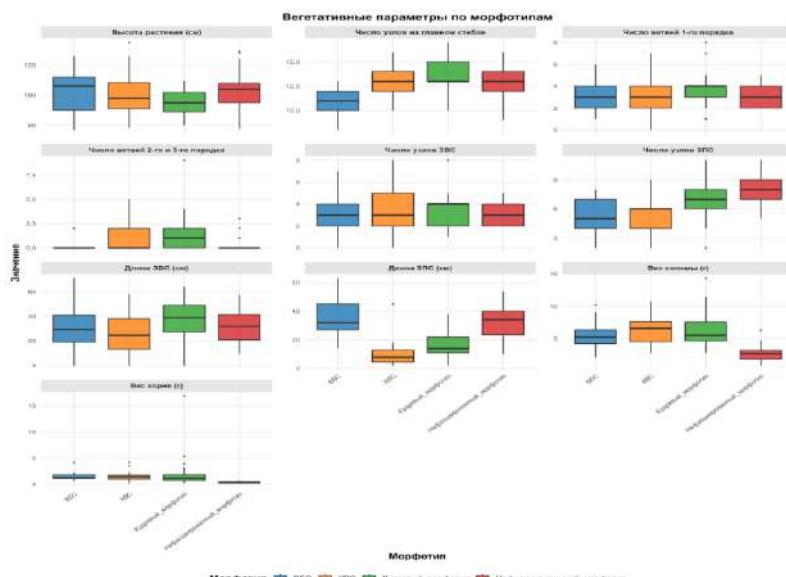


Рис. 2. Диаграммы размаха вегетативных признаков по морфотипам

Проведенный анализ методом главных компонент выявил многомерную структуру морфометрических и продукционных характеристик растений. Анализ нагрузки первых пяти главных компонент позволяет адекватно описать основные закономерности варьирования изучаемых признаков (рис. 3).

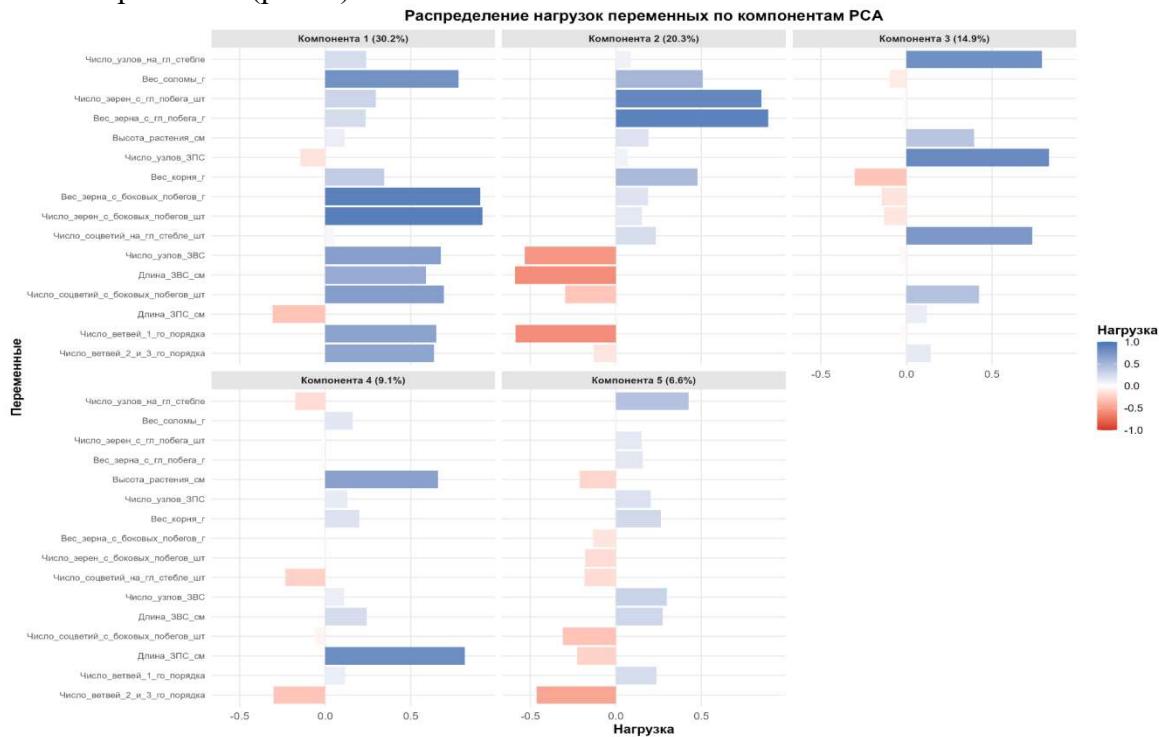


Рис. 3. Анализ нагрузки первых пяти главных компонент по всем исследуемым признакам

Первая главная компонента, объясняющая наибольшую долю дисперсии, интерпретируется как ось "продуктивности боковых побегов и вегетативной массы". Наибольший положительный вклад в эту компоненту вносят такие признаки как число зерен с боковых побегов (0,92), вес зерна с боковых побегов (0,91), вес соломы (0,78), число узлов в зоне ветвления стебля (0,68) и число соцветий с боковых побегов (0,69). Высокие значения по данной компоненте характерны для растений с хорошо развитой системой бокового ветвления и высокой урожайностью, формируемой преимущественно за счет боковых побегов.

Вторая главная компонента отражает "продуктивность главного побега" и демонстрирует противоположную тенденцию по сравнению с первой компонентой. Максимальные положительные нагрузки наблюдаются для числа зерен с главного побега (0,85) и веса зерна с главного побега (0,89). При этом выявлены существенные отрицательные нагрузки по признакам, связанным с развитием боковых ветвей: число ветвей 1-го порядка (-0,59), длина зоны ветвления стебля (-0,59) и число узлов в зоне ветвления стебля (-0,53). Данная компонента выявляет альтернативную стратегию продуктивности, ориентированную на развитие главного побега при меньшем ветвлении.

Третья компонента характеризует «развитие репродуктивных структур главного стебля». Наибольший вклад вносят число узлов в зоне плодообразования стебля (0,83), число узлов на главном стебле (0,79) и число соцветий на главном стебле (0,74). Эта компонента отражает потенциал плодообразования, связанный непосредственно с главным стеблем растения.

Четвертая компонента интерпретируется как «высотные характеристики растения». Доминирующие положительные нагрузки отмечены для длины зоны плодообразования стебля (0,82) и общей высоты растения (0,66), что указывает на взаимосвязанность этих линейных параметров.

Пятая компонента демонстрирует менее выраженную, но также значимую структуру, которую можно охарактеризовать как «структурную сложность ветвления». Наблюдается

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. противопоставление числа узлов на главном стебле (0,43) и числа ветвей 2-го и 3-го порядков (-0,46), что, возможно, отражает различные стратегии архитектурного построения растения.

Проведенный анализ выявил существование двух основных независимых стратегий продуктивности: ориентированной на развитие боковых побегов (компоненты 1) и ориентированной на развитие главного побега (компоненты 2). Обнаруженные модули признаков соответствуют основным морфофункциональным блокам растения: вегетативному росту, репродуктивному развитию и архитектурной организации. Выявленные закономерности имеют важное значение для разработки стратегий селекции, направленных на оптимизацию структуры урожая гречихи.

Визуализация результатов метода главных компонент в виде биплота с наложенными доверительными эллипсами для четырех морфотипов выявила четкие закономерности в распределении растений по осям главных компонент (рис. 4).

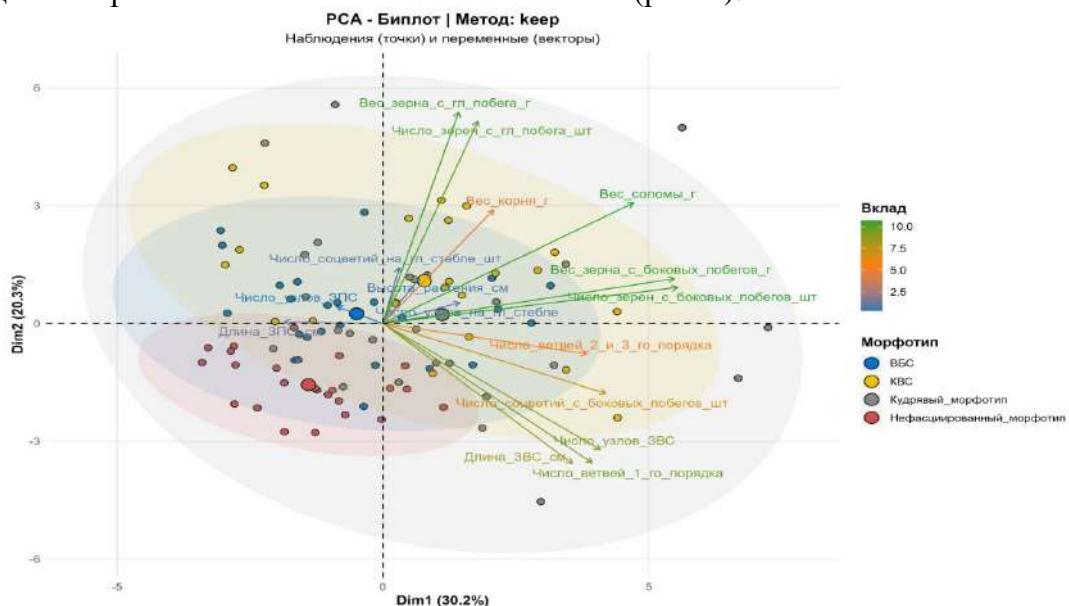


Рис. 4. Биплот PCA исследуемых признаков и морфотипов

Положение морфотипов в пространстве первых двух главных компонент демонстрирует градиент морфологической изменчивости, связанный с характером фасциации. Наблюдается последовательное смещение центроидов групп в положительном направлении как по первой, так и по второй компонентам в следующем порядке:

1. Нефасцированные растения сконцентрированы в области минимальных значений по обеим осям (левый нижний квадрант). Это характеризует их как форму с относительно низкой общей продуктивностью, слабым развитием как главного, так и боковых побегов, относительно фасцированных морфотипов.

2. Фасцированные растения с ветвящимся боковым соцветием занимают промежуточное положение. Их смещение от базовой группы указывает на умеренное увеличение продуктивности, причем, учитывая их положение, возможно, с несколько большим вкладом продуктивности главного побега (Dim2).

3. Фасцированные растения с комкующимся верхним соцветием демонстрируют дальнейшее смещение в правый верхний квадрант. Это свидетельствует о значительном увеличении продуктивности, которая, судя по положению, обеспечивается за счет совместного усиления продуктивности как главного побега (Dim2), так и боковых побегов (Dim2).

4. Растения с кудрявой фасциацией, обладая самым большим по площади доверительным эллипсом, также смещены в зону высоких значений продуктивности. Однако их ключевой особенностью является исключительно высокая вариабельность, в результате чего эллипс этой группы перекрывает области всех остальных морфотипов. Это указывает на

то, что данный морфотип не является стабильной формой, а представляет собой крайне полиморфную группу, в которой встречаются особи с самыми разными соотношениями продуктивности главного и боковых побегов.

Выявленный градиент от нефасцированных растений к формам с выраженной фасциацией отражает последовательное усиление общей продуктивности растения, достигаемое за счет комплексного увеличения продуктивности как боковых, так и главного побегов. Существенное перекрытие доверительных эллипсов всех морфотипов подтверждает, что фасциация связана не с появлением качественно новых типов роста, а с количественным усилением существующих программ развития. Таким образом, фасциация может рассматриваться как фактор, интенсифицирующий оба выявленных в анализе пути реализации продуктивного потенциала.

Особое положение морфотипа с кудрявой фасциацией, для которого характерна наибольшая дисперсия и широта перекрытия с другими группами, указывает на его повышенную вариабельность и, возможно, на его роль как переходной и наиболее полиморфной формы фасциации.

Для количественной оценки различий между выделенными морфотипами был проведен линейный дискриминантный анализ (LDA), который показал высокую эффективность классификации – общая точность составила 95%. Первые две дискриминантные функции объясняют 87% общей дисперсии, причем на первую функцию приходится 51,6%, а на вторую – 35,4% дисперсии, что свидетельствует о хорошей разделительной способности использованных морфометрических признаков (рис. 5). Анализ нагрузки дискриминантных функций выявил ключевые признаки, определяющие различие между морфотипами. Наибольший вклад в первую дискриминантную функцию вносят вес зерна с главного побега (-0,745), число зерен с главного побега (-0,725) и вес соломы (-0,598) с отрицательной стороны, а также длина зоны плодообразования стебля (0,670) и число узлов в этой зоне (0,386) – с положительной. Эта функция противопоставляет растения с высокой продуктивностью главного побега и большой вегетативной массой растениям с развитой зоной плодообразования стебля.

Вторая дискриминантная функция в основном определяется числом соцветий на главном стебле (-0,750), числом узлов на главном стебле (-0,384) с отрицательной стороны, и длиной зоны плодообразования стебля (0,403) и весом соломы (0,279) – с положительной. Таким образом, вторая функция отражает противопоставление между общим количеством репродуктивных структур на главном стебле и линейными размерами растения.

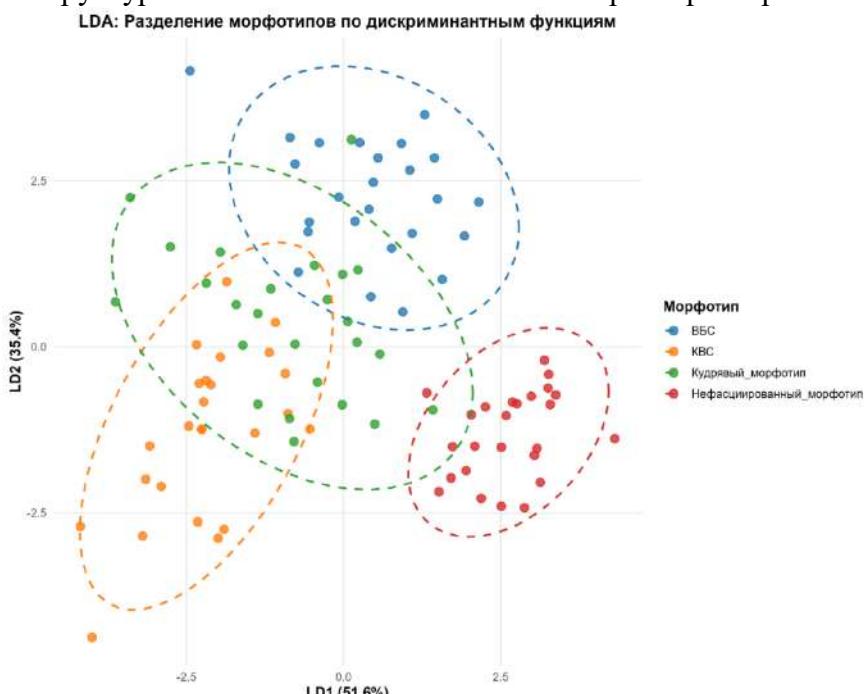


Рис. 5. График LDA исследуемых морфотипов

Для практического построения классификатора и идентификации морфотипов важны коэффициенты дискриминантных функций (рис. 6). Анализ стандартизованных коэффициентов показал, что наиболее значимые признаки для LD1:

1. Вес зерна с главного побега (коэффициент -0,583)
 2. Число узлов ЗПС (0,488)
 3. Число узлов на главном стебле (-0,351)
- Наиболее значимые признаки для LD2:
1. Вес зерна с главного побега (-0,434)
 2. Вес соломы (0,343)
 3. Число соцветий на главном стебле (-0,278)

Сравнение нагрузок и коэффициентов выявило высокую согласованность в определении наиболее диагностически ценных признаков, что подтверждает надежность полученных результатов.

Анализ попарных различий между морфотипами показал, что наиболее дискретными являются нефасцированные растения и растения с ветвящимся боковым соцветием (расстояние Махalanобиса = 4,87, точность классификации 100%). Напротив, наибольшее сходство наблюдается между кудрявым морфотипом и растениями с комкующимся верхним соцветием (расстояние = 3,08, точность классификации 90%). Среднее расстояние между всеми морфотипами составило 3,98.

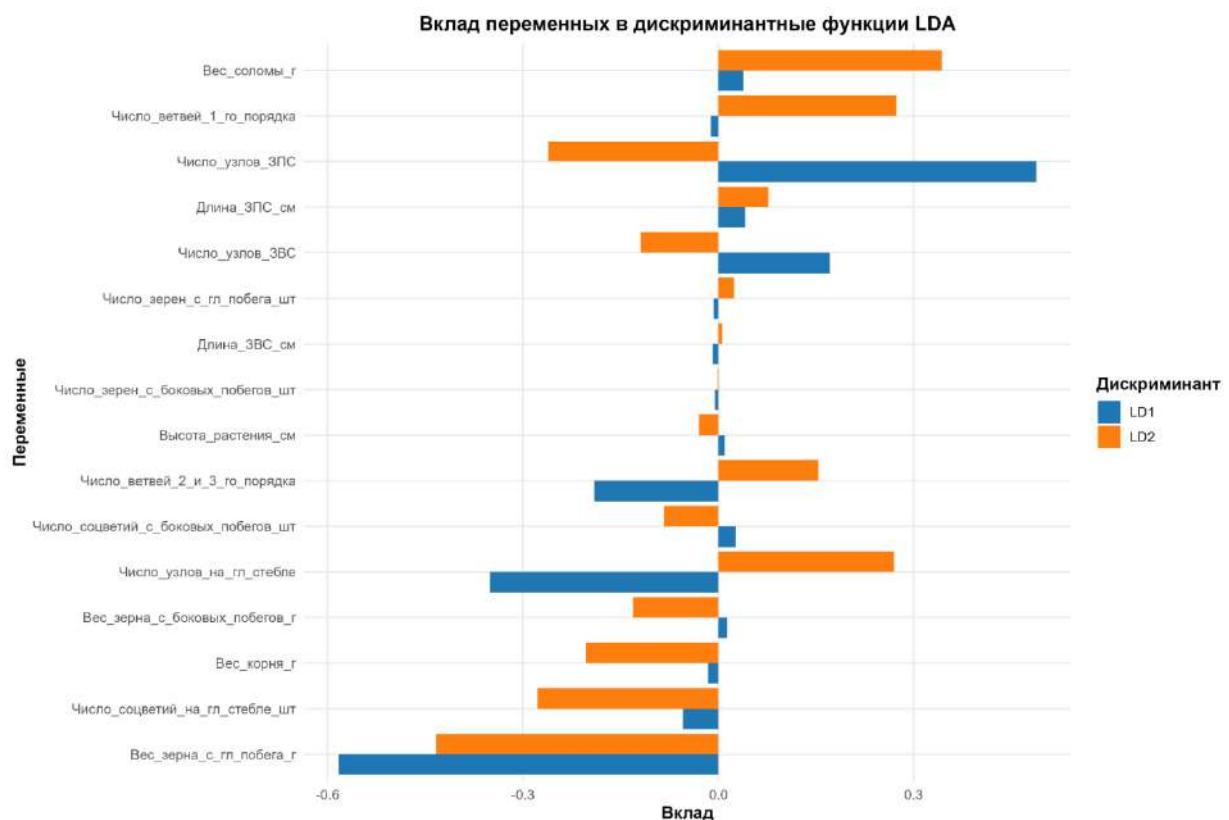


Рис. 6. Вклад признаков в дискриминантные функции LDA согласно коэффициентам

Наибольшие затруднения в классификации возникают между кудрявым морфотипом и растениями с комкующимся верхним соцветием, что свидетельствует о плавном переходе между этими формами (табл. 2).

Матрица расстояний между центрами кластеров морфотипов и матрица точности попарной классификации

Матрица расстояний между центрами морфотипов				
	ВБС	КВС	Кудрявый	Нефасцированный
ВБС	0.00	4.41	3.13	4.25
КВС	4.41	0.00	3.08	4.87
Кудрявый	3.13	3.08	0.00	4.16
Нефасцированный	4.25	4.87	4.16	0.00

Матрица точности попарной классификации				
	ВБС	КВС	Кудрявый	Нефасцированный
ВБС		0,98	0,98	1
КВС	0,98		0,9	1
Кудрявый	0,98	0,9		0,98
Нефасцированный	1	1	0,98	

Среди наиболее информативных признаков для различия морфотипов выделяются длина зоны плодообразования стебля (средняя нагрузка 0,437), число узлов в этой зоне (0,397), число соцветий на главном стебле (0,352), число зерен с главного побега (0,349) и число узлов на главном стебле (0,346) (рис. 7).

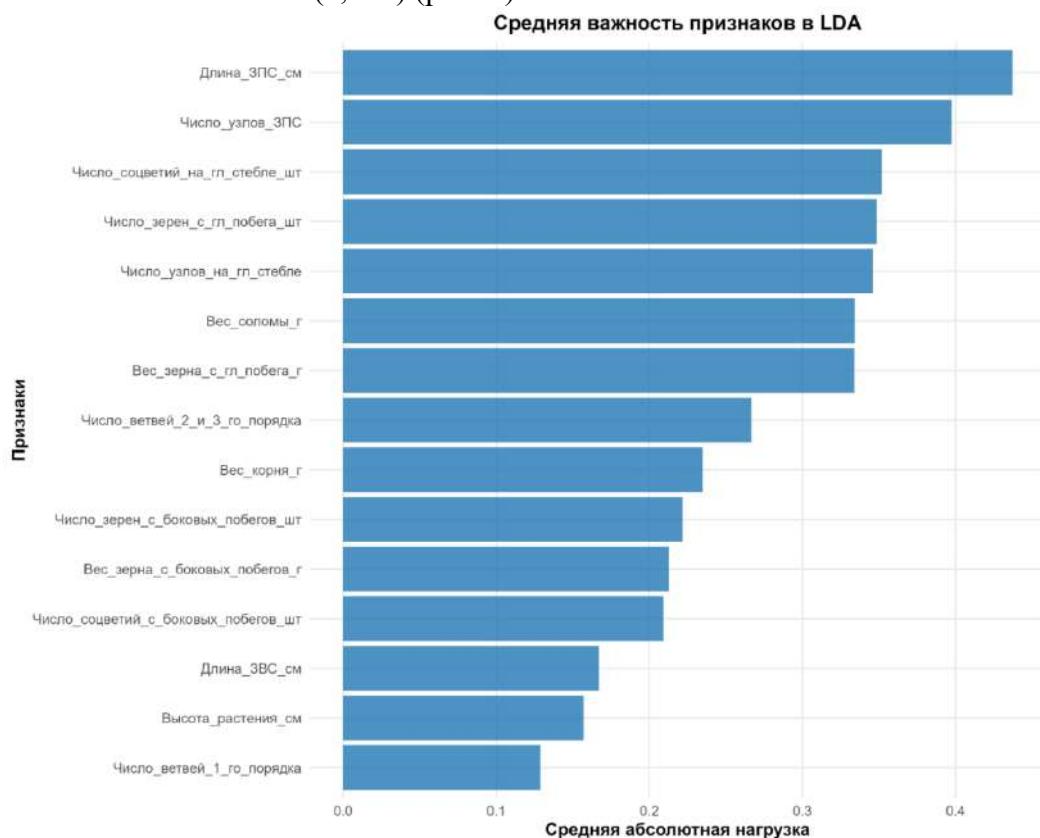


Рис. 7. Средняя важность признаков в LDA

Результаты LDA в целом подтверждают закономерности, выявленные в PCA анализе: градиент изменчивости от нефасцированных растений к формам с выраженной фасциацией, непрерывность изменчивости (особенно между кудрявым морфотипом и растениями с комкующимся верхним соцветием), а также важность параметров, связанных с зоной плодообразования и продуктивностью главного побега в качестве диагностических признаков. LDA дополнительно позволил количественно оценить степень дискретности морфотипов и идентифицировать наиболее информативные признаки для их различия, что имеет важное значение для разработки диагностических ключей и селекционных программ. Результаты LDA достаточно стабильны и подтверждаются кросс-валидацией (10-fold): $83 \pm 6,6\%$.

Комплексный анализ статистической значимости различий выявил, что 75% изучаемых признаков (12 из 16) демонстрируют статистически значимые различия между морфотипами ($p < 0,05$). Тепловая карта статистической значимости (рис. 8) и анализ F-статистик ANOVA (рис. 9) позволяют визуализировать эту сложную картину дифференциации.

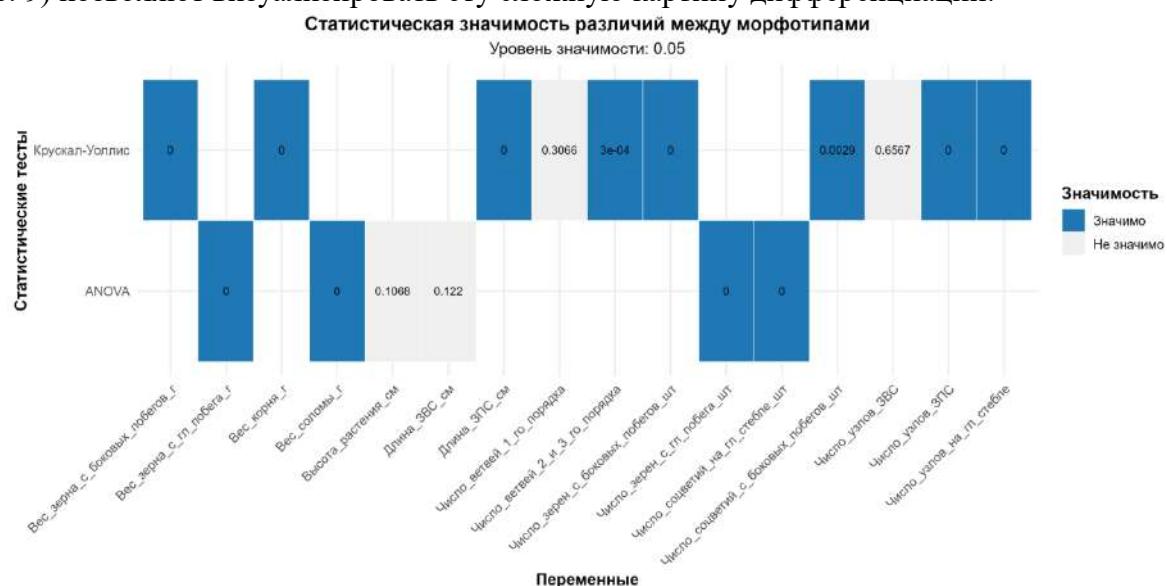


Рис. 8. Тепловая карта статистической значимости ANOVA и Крускал-Уоллис тестов для признаков с нормальным и ненормальным распределением, соответственно.

Порог значимости $p\text{-value}=0,05$

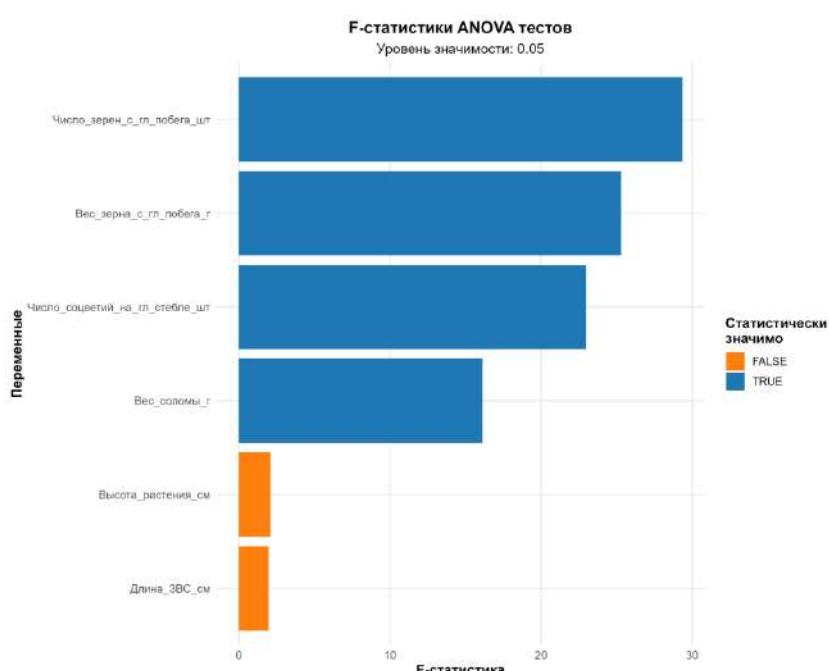


Рис. 9. F-статистики наиболее значимых признаков. Порог значимости $p\text{-value}=0,05$

Таким образом, комплексный статистический анализ свидетельствует о том, что хотя морфотипы гречихи статистически значимо различаются по большинству изучаемых признаков, эти различия носят характер непрерывной вариабельности без четких дискретных границ между группами.

Заключение

Комплексный анализ морфометрических признаков позволил установить, что дифференциация изученных морфотипов гречихи носит выраженный количественный, а не качественный характер. Несмотря на статистически значимые различия по 75% признаков, четкие дискретные границы между группами отсутствуют, о чем свидетельствует значительное перекрытие межквартильных диапазонов и доверительных эллипсов. Метод главных компонент выявил две основные независимые стратегии продуктивности, лежащие в основе изменчивости: первая связана с развитием боковых побегов и вегетативной массы, а вторая — с доминированием главного побега. Установлен непрерывный градиент морфологической изменчивости от нефасцированных растений к формам с выраженной фасциацией, что отражает последовательное усиление общей продуктивности, достигаемое за счет интенсификации обеих выявленных стратегий. При этом морфотип с кудрявой фасциацией идентифицирован как крайне полиморфная и нестабильная форма. Результаты линейного дискриминантного анализа количественно подтвердили высокую диагностическую ценность комплекса признаков (общая точность классификации 95%) и выделили наиболее информативные параметры, связанные с продуктивностью главного побега и структурой зоны плодообразования. Таким образом, фасциация выступает фактором интенсификации существующих программ развития, а выявленные закономерности представляют практическую ценность для селекции гречихи, направленной на оптимизацию структуры урожая через комбинирование идентифицированных стратегий продуктивности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного Фонда и Академии наук Республики Татарстан по проекту № 25-24-20094, <https://rscf.ru/project/25-24-20094/>

Литература

1. Chetry U., Chrungoo N.K. Beyond the Cereal Box: Breeding Buckwheat as a Strategic Crop for Human Nutrition // Plant Foods for Human Nutrition. 2021. Vol. 76, No. 4. P. 399-409. doi: 10.1007/s11130-021-00930-7
2. Matsui K., Yasui Y. Genetic and genomic research for the development of an efficient breeding system in heterostylous self-incompatible common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) // Theoretical and Applied Genetics. 2020. Vol. 133. P. 1641-1653. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03572-6>
3. Цаценко Л.В., Хилько И.А. Фасциация - феномен роста или аномалия развития у растений? // Генетический потенциал сельскохозяйственных растений и его реализация в селекции, семеноводстве и размножении: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. Кубанского отделения ВОГиС, Краснодар, 14 февраля 2024 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, – 2024. – С. 184-186. EDN HBNFWA.
4. Iliev I., Kitin P. Origin, morphology, and anatomy of fasciation in plants cultured *in vivo* and *in vitro* // Plant Growth Regulation. 2010. Vol. 63, No. 2. P. 115-129. doi: 10.1007/s10725-010-9540-3
5. Цаценко Л. В., Логвинов А. В. Тератные формы растений: подходы и методы изучения. Краснодар: ООО "Просвещение-Юг", 2023. 110 с. ISBN 978-5-93491-946-8. EDN FKDBRZ.
6. Sinjushin A. A., Gostimsky S. A. Fasciation in pea: basic principles of morphogenesis // Russian Journal of Developmental Biology. 2006. Vol. 37, No. 6. P. 375-381. <https://doi.org/10.1134/S1062360406060063>
7. Altae M., Dalas I. S. Abnormal growth in the plant (fasciation) // Science Archives. 2021. Vol. 2, No. 4. P. 339-342. <http://dx.doi.org/10.47587/SA.2021.2412>

8. Mayorov S. et al. Types of fasciation in plants and factors affecting its manifestation // *Vegetable crops of Russia*. 2012. Vol. 2. P. 54-59. doi: 10.18619/2072-9146-2012-2-54-59
9. Красников А.А. Тераты одуванчиков (*Taraxacum*, *Asteraceae*): литературный обзор и собственные наблюдения. // *Растительный мир Азиатской России*. – 2017. – № 3. – С. 34-42.
10. Коротцева И. Б. Фасциация у тыквенных. // *Овощные культуры России*. – 2023. – Т. 6. – С. 17-21. doi: 10.18619/2072-9146-2023-6-17-21
11. Кадырова Ф.З., Климова Л.Р., Иматуллина Г.И. [и др.]. Эффективность использования новых морфобиотипов гречихи в селекции для засушливых условий среднего Поволжья. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2024. Т. 19, – № 2 (74). – С. 12-17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17. EDN OLJCCD.
12. Кадырова Ф.З., Климова Л.Р., Кадырова Л.Р. Формирование качества плодов в процессе селекции гречихи. // *Агробиотехнологии и цифровое земледелие*. – 2022. – № 4 (4). – С. 29-33. DOI 10.12737/2782-490X-2022-29-33. EDN GTHZSM.

References

1. Chetry U., Chrungoo N. K. Beyond the Cereal Box: Breeding Buckwheat as a Strategic Crop for Human Nutrition. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2021, Vol. 76, No. 4, pp. 399-409. doi: 10.1007/s11130-021-00930-7
2. Matsui K., Yasui Y. Genetic and genomic research for the development of an efficient breeding system in heterostylous self-incompatible common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Theoretical and Applied Genetics*. 2020, Vol. 133, pp. 1641–1653. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03572-6>
3. Tsatsenko L. V., Khilko I. A. Fasciation is a phenomenon of growth or an anomaly of development in plants? Proc. of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Kuban department of VOGIS, Krasnodar, Febr. 14, 2024. Krasnodar: Trubilin Kuban State Agr. University, 2024, pp. 184-186. EDN HBNFWA. (In Russian)
4. Iliev I., Kitin P. Origin, morphology, and anatomy of fasciation in plants cultured in vivo and in vitro. *Plant Growth Regulation*. 2010, Vol. 63, No. 2, pp. 115-129. doi: 10.1007/s10725-010-9540-3
5. Tsatsenko L. V., Logvinov A.V. Terate forms of plants: approaches and methods of study. Krasnodar: LLC "Prosveshchenie-Yug", 2023, 110 p. ISBN 978-5-93491-946-8. EDN FKDBRZ.
6. Sinjushin A. A., Gostimsky S. A. Fasciation in pea: basic principles of morphogenesis. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2006, Vol. 37, No. 6, pp. 375-381. <https://doi.org/10.1134/S1062360406060063>
7. Altae M., Dalas I. S. Abnormal growth in the plant (fasciation). *Science Archives*. 2021. Vol. 2, No. 4, pp. 339-342. <http://dx.doi.org/10.47587/SA.2021.2412>
8. Mayorov S. et al. Types of fasciation in plants and factors affecting its manifestation. *Vegetable crops of Russia*. 2012, Vol. 2, pp. 54-59. doi: 10.18619/2072-9146-2012-2-54-59
9. Krasnikov A. A. Dandelion terats (*Taraxacum*, *Asteraceae*): a literary review and his own observations. *Rastitel'nyi mir Aziatskoi Rossii – The flora of Asian Russia*. 2017, No. 3, pp. 34-42.
10. Korottseva I. B. Fasciation in pumpkin plants. *Vegetable crops of Russia*. 2023, Vol. 6, pp. 17-21. doi: 10.18619/2072-9146-2023-6-17-21 (In Russian)
11. Kadyrova F. Z., Klimova L. R., Imatullina G. I. [et al.] Efficiency of using new morphobiotypes of buckwheat in breeding for arid conditions of the Middle Volga region. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2024, Vol. 19, No. 2(74), pp. 12-17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17. EDN OLJCCD. (In Russian)
12. Kadyrova F. Z., Klimova L. R., Kadyrova L. R. Formation of fruit quality in the buckwheat breeding process. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 2022, No. 4(4), pp. 29-33. DOI 10.12737/2782-490X-2022-29-33. EDN GTHZSM. (In Russian)

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ПОРАЖЕННОСТЬ ПРОСА МЕЛАНОЗОМ

А.Ю. СУРКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-2425-7623

И.В. СУРКОВА, научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-7333-2511

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

E-mail: niish1c@mail.ru

Аннотация. Опыт проводился на базе ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева». В качестве материала исследований были взяты 14 сортов проса экологического сортиспытания с разным генетическим пулом, которые анализировались по пораженности некротическим меланозом за 10 лет (2015-2024 гг.). Из метеорологических факторов анализировались количество осадков, среднесуточная температура воздуха, относительная влажность воздуха, минимальная влажность воздуха, сумма активных температур, гидротермический коэффициент, минимальная среднесуточная температура воздуха, число дней с осадками в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса. Для выявления зависимости степени поражения некротическим меланозом и метеорологическими факторами нами был проведен парный корреляционный анализ. Положительная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и количеством осадков, особенно в период начала выметывания – уборка. Также выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и ГТК в период начала выметывания – полная спелость и в период начала выметывания – уборка. Между пораженностью меланозом и суммой активных температур выявлена положительная корреляционная связь в период полная спелость – уборка и в период начала выметывания – уборка. Отрицательная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и минимальной среднесуточной температурой воздуха в период полная спелость – уборка и в период начала выметывания – уборка. Положительная корреляционная связь средней силы установлена между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периода полная спелость – уборка и периода начала выметывания – уборка. Установлена слабая положительная корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в период начала выметывания – полная спелость, в период полная спелость – уборка и в период начала выметывания – уборка.

Ключевые слова: просо, селекция, сорт, некротический меланоз, коэффициент корреляции, метеорологические факторы.

Для цитирования: Сурков А.Ю., Суркова И.В. Влияние условий внешней среды на пораженность проса меланозом. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):98-104
DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-98-104

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON THE LESION MILLET MELANOSIS

A.Ju. Surkov, I.V. Surkova

FGBSI «V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER»

Abstract: The experiment was carried out on the basis of the FSBSI «V.V. Dokuchaev Federal Agrarian Scientific Center, Voronezh». In the quality of the research material, 14 varieties of millet of ecological variety testing with different genetic pools were taken, which were analyzed for their

involvement in necrotic melanosis over 10 years (2015-2024). Of the meteorological factors, the amount of precipitation, average daily air temperature, relative humidity, minimum air humidity, the sum of active temperatures, hydrothermal coefficient, minimum average daily air temperature, the number of days with precipitation during the periods were analyzed: the beginning of sweeping – complete ripeness, complete ripeness – millet harvesting, the beginning of sweeping – millet harvesting. To identify the relationship between the degree of damage to necrotic melanosis and meteorological factors, we conducted a pair correlation analysis. A positive correlation was found between the involvement of melanosis and the amount of precipitation, especially during the period of the beginning of sweeping - cleaning. There was also a positive correlation between melanosis and GTC involvement during the period of scouring onset - complete ripeness and during the period of scouring onset - cleaning. A positive correlation was found between melanosis involvement and the sum of active temperatures during the period of complete ripeness – cleaning and during the period of the beginning of sweeping - cleaning. A negative correlation was found between melanosis involvement and the minimum average daily air temperature during the period of complete ripeness – cleaning and during the period of the beginning of sweeping - cleaning. A positive correlation of medium strength was established between the lesion of millet with melanosis and the duration of the period of complete ripeness – cleaning and the period of the beginning of sweeping - cleaning. A weak positive correlation was established between the lesion of millet with melanosis and the number of days with precipitation during the period of the beginning of sweeping - complete ripeness, during the period of complete ripeness – cleaning and during the period of the beginning of sweeping – cleaning.

Keywords: millet, breeding, variety, necrotic melanosis, coefficient of correlation, meteorological factors.

Введение

Сравнительно новой болезнью проса является меланоз или подпленочный некроз семян (от греческого *melanos* – черный).

Меланоз значительно снижает качество зерна проса, что негативно сказывается на потребительской (пищевой) ценности культуры. Это наиболее распространенное инфекционное заболевание проса, вторая по экономической значимости болезнь, которая проявила наибольшую вредоносность в 60-70-е годы 20-го столетия во всех прососеющих регионах страны [1].

Анализ литературы позволяет отметить, что у исследователей отсутствует единое мнение по изучению влияния погодных факторов на развитие меланоза [2].

По одним сведениям, развитию болезни способствует сухая и жаркая погода, по другим – прохладная и дождливая, а также продолжительность периодов «всходы – начало выметывания», «всходы – созревание» и число дней с осадками более 1 мм [3, 4, 5].

М. Койшибаев (1998) связывает разноречивость полученных результатов с рядом объективных и субъективных факторов: 1) многие авторы, изучая связь пораженности проса меланозом от погодных условий в каком-то определенном регионе, не приводят сопоставимых данных по другим зонам возделывания, при этом сами понятия "дождливый" или "засушливый год" не конкретизированы (год, подразумевающийся "засушливым" для Центрально-Черноземной зоны России мог быть вполне "дождливым" для Саратовской и Оренбургской областей); 2) из-за отсутствия многолетних наблюдений сравнивались в основном данные 2-3 года; 3) проанализированы в большинстве случаев погодные условия более продолжительного периода (июль-август) без учета конкретных сроков фенофазы развития проса, хотя осадки могли выпасть до уязвимой для заражения зерна меланозом фазы развития или после этого срока; 4) в исследованиях не учитывали такой немаловажный для появления болезни фактор, как устойчивость сортов.

Таким образом, на основании изучения литературных данных следует, что определение факторов внешней среды, влияющих на степень развития меланоза в условиях юго-востока ЦЧР, является актуальным.

Цель исследований – выявление факторов внешней среды, влияющих на пораженность проса меланозом в условиях юго-востока Центрального Черноземного региона.

Условия, материалы и методы исследований

Полевые опыты были заложены в южном селекционном севообороте научного центра. В качестве материала исследований были взяты 14 сортов проса экологического сортоиспытания с разным генетическим пулом, которые анализировались по пораженности некротическим меланозом за 10 лет (2015-2024 гг.).

Метеоданные взяты в гидрометеорологической обсерватории «Каменная Степь». Из метеорологических факторов анализировались количество осадков, среднесуточная температура воздуха, относительная влажность воздуха, минимальная влажность воздуха, сумма активных температур, гидротермический коэффициент, минимальная среднесуточная температура воздуха, число дней с осадками в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса, когда возможно заражение ядра некротическим меланозом.

Для выявления зависимости степени поражения некротическим меланозом и метеорологическими факторами в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса, нами был проведен парный корреляционный анализ.

Результаты и их обсуждение

Наиболее благоприятные условия для развития некротического меланоза сложились в 2018, 2019, 2021 и 2022 гг., наименее – в 2015, 2017 и 2024 гг.

При таких условиях пораженность проса некротическим меланозом отличалась сильным варьированием (табл. 1).

Таблица 1

Пораженность проса некротическим меланозом

Показатели	Годы									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Средняя пораженность меланозом, %	0,7	1,2	0,5	3,0	4,4	1,3	4,9	3,6	1,6	0,6
Min	0,0	0,7	0,1	0,8	1,8	0,0	2,6	0,5	0,0	0,0
Max	1,7	1,9	1,5	6,9	7,7	3,6	8,2	12,9	4,2	2,0
Коэффициент вариации (CV), %	83,2	36,5	76,3	57,1	44,8	84,3	31,8	89,9	74,3	95,7

Так, средняя пораженность изученных сортов проса меланозом в 2015-2024 гг. изменялась от 0,5% в 2017 году до 4,9% в 2021 году. Наибольшая дифференциация сортов по пораженности меланозом наблюдалась в 2024, 2022, 2020 и 2015 гг. (CV составил 83,2-95,7%). Наименьшая дифференциация сортов по пораженности меланозом (CV составил 31,8%) наблюдалась в 2021 году, несмотря на то, что средняя пораженность сортов меланозом была наибольшей за все годы исследований (4,9%).

Изменение метеорологических факторов по годам в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса представлено в таблице 2. Из метеорологических факторов в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса в 2015-2024 гг. наиболее неустойчивыми (наибольшая величина коэффициентов вариации, CV) являлись количество осадков, ГТК, минимальная среднесуточная температура воздуха. Наибольшими показателями коэффициентов вариации (CV) отличался период полная спелость – уборка проса.

Изменение показателей метеофакторов по годам

Показатели	Среднее за 2015-2024 гг.	CV, %	Min	Max
Период начало выметывания – полная спелость				
Количество осадков, мм	78,7	49,9	22,0	155,0
Среднесуточная температура воздуха, °C	21,9	6,4	19,0	24,9
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	10,9	14,9	5,5	14,1
Относительная влажность воздуха, %	60,0	6,6	53,0	68,0
Минимальная влажность воздуха, %	21,0	21,1	14,0	31,0
Сумма активных температур, °C	1000,2	7,6	788,4	1166,0
ГТК	0,8	49,6	0,24	1,59
Период полная спелость – уборка				
Количество осадков, мм	27,7	130,8	0,0	129,0
Среднесуточная температура воздуха, °C	19,9	13,1	15,0	24,8
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	7,0	61,1	0,2	16,6
Относительная влажность воздуха, %	55,0	18,2	37,0	68,0
Минимальная влажность воздуха, %	19	24,3	12,0	27,0
Сумма активных температур, °C	462,9	36,0	105,6	757,0
ГТК	0,5	105,4	0,0	1,86
Период начало выметывания – уборка				
Количество осадков, мм	106,5	45,9	28,0	194,0
Среднесуточная температура воздуха, °C	20,9	7,0	18,1	23,5
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	6,3	52,8	0,2	10,0
Относительная влажность воздуха, %	57,0	10,0	48,0	64,0
Минимальная влажность воздуха, %	18,0	24,2	12,0	25,0
Сумма активных температур, °C	1458,5	12,6	1100,6	1782,0
ГТК	0,7	40,8	0,16	1,22

Величина среднесуточной температуры воздуха изменялась незначительно. Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и гидротермическими показателями в различные периоды развития растений проса представлена в таблице 3.

Таблица 3

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и климатическими показателями в различные периоды развития растений

Показатели	Коэффициент корреляции
Период начало выметывания – полная спелость	
Количество осадков, мм	0,37***
Среднесуточная температура воздуха, °C	0,08
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	0,16
Относительная влажность воздуха, %	- 0,18*
Минимальная влажность воздуха, %	0,01
Сумма активных температур, °C	- 0,09
ГТК	0,38***

Период полная спелость – уборка	
Количество осадков, мм	0,22*
Среднесуточная температура воздуха, °C	- 0,15
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	- 0,51***
Относительная влажность воздуха, %	- 0,02
Минимальная влажность воздуха, %	- 0,13
Сумма активных температур, °C	0,40***
ГТК	0,12
Период начало выметывания – уборка	
Количество осадков, мм	0,47***
Среднесуточная температура воздуха, °C	- 0,10
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	- 0,56***
Относительная влажность воздуха, %	- 0,09
Минимальная влажность воздуха, %	0,04
Сумма активных температур, °C	0,32***
ГТК	0,38***

*Примечание: здесь и далее *, **, *** – достоверно соответственно на 5%, 1%, 0,1% уровне значимости*

Положительная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и количеством осадков ($r = 0,47$), особенно в период начало выметывания – уборка ($r = 0,47$). Также выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и ГТК в период начало выметывания – полная спелость ($r = 0,38$) и в период начало выметывания – уборка ($r = 0,38$). Между пораженностью меланозом и суммой активных температур выявлена положительная корреляционная связь в период полная спелость – уборка ($r = 0,40$) и в период начало выметывания – уборка ($r = 0,32$).

Отрицательная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и минимальной среднесуточной температурой воздуха в период полная спелость – уборка ($r = -0,51$) и в период начало выметывания – уборка ($r = -0,56$). Влага конденсируется из прохладного воздуха и происходит появление ночной росы.

Продолжительность вегетационного периода проса по годам изменялась незначительно (CV составил 3,7%) с 75 дней в 2016 до 91 – в 2018 году (табл. 4).

Таблица 4

Изменение продолжительности различных периодов развития растений по годам

Показатели	Среднее за 2015-2024 гг.	CV, %	Min	Max
Продолжительность вегетационного периода, дней	84	3,7	75	91
Продолжительность периода всходы – начало выметывания, дней	38	12,4	29	51
Продолжительность периода начало выметывания – полная спелость, дней	46	9,6	36	55
Продолжительность периода полная спелость – уборка, дней	23	48,9	6	53
Продолжительность периода начало выметывания – уборка, дней	69	15,5	55	96

Продолжительность периода полная спелость – уборка проса изменялась наиболее значительно (CV составил 48,9 %) с 6 дней в 2015 до 53 – в 2022 году.

Положительная корреляционная связь средней силы установлена между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периодов: полная спелость – уборка ($r = 0,51$) и начало выметывания – уборка ($r = 0,51$) (табл. 5).

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и продолжительностью различных периодов развития растений

Показатели	Коэффициент корреляции
Продолжительность вегетационного периода, дней	- 0,21*
Продолжительность периода всходы – начало выметывания, дней	-0,05
Продолжительность периода начало выметывания – полная спелость, дней	- 0,10
Продолжительность периода полная спелость – уборка, дней	0,51***
Продолжительность периода начало выметывания – уборка, дней	0,51***

Слабая отрицательная связь установлена между пораженностью меланозом и продолжительностью вегетационного периода ($r = -0,21$).

Число дней с осадками за период всходы – полная спелость изменялась незначительно (СВ составил 16,3%) с 23 дней в 2019 до 42 – в 2023 году (табл. 6).

Изменение числа дней с осадками за различные периоды развития растений по годам

Показатели	Среднее за 2015-2024 гг.	СВ, %	Min	Max
Период начало выметывание – полная спелость	17	34,0	10	32
Период полная спелость – уборка	7	107,1	0	27
Период начало выметывание – уборка	24	49,2	13	57
Период всходы – полная спелость	30	16,3	23	42
Период всходы – уборка	37	27,8	26	60

Наиболее значительно (СВ составил 107,1%) изменялась число дней с осадками за период полная спелость – уборка проса, с 0,0 дней в 2015 до 27 – в 2022 году.

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в различные периоды развития растений представлена в таблице 7.

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в различные периоды развития растений

Показатели	Коэффициент корреляции
Число дней с осадками за период начало выметывание – полная спелость, дней	0,31***
Число дней с осадками за период полная спелость – уборка, дней	0,24**
Число дней с осадками за период начало выметывание – уборка, дней	0,30***
Число дней с осадками за период всходы – полная спелость, дней	0,01
Число дней с осадками за период всходы – уборка, дней	0,17*

Установлена слабая положительная корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в период начало выметывания – полная спелость ($r = 0,31$), в период полная спелость – уборка ($r = 0,24$) и в период начало выметывания – уборка ($r = 0,30$).

Заключение

Таким образом, нами выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и количеством осадков, особенно в период начало выметывания – уборка. Также выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и ГТК в период начало выметывания – полная спелость и в период начало выметывания – уборка. Между пораженностью меланозом и суммой активных температур выявлена положительная корреляционная связь в период полная спелость – уборка и в период начало выметывания – уборка. Отрицательная корреляционная связь выявлена между

пораженностью меланозом и минимальной среднесуточной температурой воздуха в период полная спелость – уборка и в период начало выметывания – уборка. Положительная корреляционная связь средней силы установлена между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периода полная спелость – уборка и периода начало выметывания – уборка. Установлена слабая положительная корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в период начало выметывание – полная спелость, в период полная спелость – уборка и в период начало выметывания – уборка.

Степень поражения ядер проса меланозом в немалой степени зависит не только от погодных условий, но и от сроков уборки, которые зависят от технологии уборки посевов проса. Поэтому его убирают обычно раздельным способом, если позволяет техника. Прямое комбайнирование посевов проса на семена возможно при условии десикации. Но лучшим способом уборки проса, особенно в неблагоприятные годы, является прямое комбайнирование с предварительной сеникацией посевов, которое также способствует повышению посевных качеств семян и урожайности.

Полученные результаты исследований можно использовать в селекции проса на устойчивость к меланозу при создании провокационных фонов, а также при разработке научно обоснованной защиты проса от меланоза. При этом снизить влияние погодных факторов на развитие меланоза можно с помощью подбора иммунных сортов, оптимальных для данного региона сроков посева и уборки, а также способов уборки проса.

Литература

1. Тихонов Н.П. Особенности и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10). – С. 60-63.
2. Кулемина Т.В. Меланоз как фактор низкого качества зерна проса посевного (*Panicum miliaceum L.*) (Обзор). // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. – Санкт-Петербург, 2019. – Т. 180. – Вып. 4. – С. 186-192. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-186-192.
3. Котляр А.И., Сидоренко В.С., Варлахова Л.Н. Изменение показателей качества зерна у возделываемых в РФ сортов проса посевного в процессе селекции. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10). – С. 51-55.
4. Никифорова И.Ю. 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. Никифорова И.Ю., Кадырова Ф.З. Селекция проса посевного на устойчивость к меланозу в условиях Предкамской зоны республики Татарстан. // Вестник Казанского ГАУ. – 2015. – № 2 (36). – С. 136-140. DOI: 10.12737/12518.

References

1. Tikhonov N.P. Osobennosti i rezul'taty selekcii prosa posevnogo na ustojchivost' k melanozu zerna [The peculiarities and results of millet breeding for resistance to melanosis of grain]. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2014, no. 2 (10), pp.60-63. (In Russian).
2. Kulemina T.V. Melanoz kak faktor nizkogo kachestva zerna prosa posevnogo (*Panicum miliaceum L.*) (Obzor) [Melanosis as a factor reducing grain quality in proso millet (*Panicum miliaceum L.*) (A review)]. *Tr. po prikl. botanike, genetike i selekcii* [Proceedings on applied botany, genetics and selection]. ST. Petersburg, 2019, Vol. 180, Issue 4, pp. 186-192. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-186-192. (In Russian)
3. Kotlyar A.I., Sidorenko V.S., Varlakhova L.N. Izmenenie pokazatelej kachestva zerna u vozdeleyvaemyx v RF sortov prosa posevnogo v processe selekcii [Change of indicators of quality of grain at varieties of common millet cultivated in the Russian Federation in the course of selection]. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2014, no. 2 (10), pp. 51-55. (In Russian)
4. Nikiforova I.Yu. Ustoichivost` rannespelyx i srednerannix obrazcov prosa k melanozu v usloviyakh Predkamskoi zony` respubliki Tatarstan [Stability of early and mid-maturing millet samples to melanosis in Predkamskaya area of Tatarstan]. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2013, no. 1 (5), pp. 37-43. (In Russian)
5. Nikiforova I.Yu., Kadyrova F.Z. Selekcija prosa posevnogo na ustojchivost' k melanozu v usloviyah Predkamskoi zony respubliki Tatarstan [Selection of sown millet to immunity of melanosis at the Kama zone of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo GAU* [Vestnik of Kazan State Agrarian University]. 2015, no. 2 (36), pp. 136-140. DOI: 10.12737/12518 (in Russian)

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНИЯ

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: nebuystov@yandex.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

*ШАТИЛОВСКАЯ СХОС – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Исследования выполняли в 2020-2024 гг. на Шатиловской СХОС с сортами ярового ячменя Яромир, Надежный, Суздалец, Азимут, Федос, Формат, Таловский 9, Жемчужный на выщелоченном тяжелосуглинистом среднемощном черноземе: pH – 5,5-5,6; содержание гумуса - 6,4-6,9% (по Тюрину); подвижного фосфора (P_2O_5) – 87-93 мг/кг и обменного калия (K_2O) 125-138 мг/кг почвы (по Чирикову). Наиболее высокое значение коэффициента детерминации между показателями «сумма осадков и урожайность по сортам» отмечалось за апрель ($r^2=0,796$) у сорта Федос. Высокая зависимость урожая зерна от осадков июня определена у сорта Яромир ($r^2=0,499$) и от августовских осадков у сортов Яромир и Формат ($r^2=0,679$ и $r^2=0,901$). Из сравниваемых сортов наибольшей средней урожайностью зерна в 2020-2024 гг. выделился сорт ярового ячменя Надежный (4,7 т/га), самой низкой - сорта Суздалец и Таловский 9 (3,8 т/га). Урожайность сортов ярового ячменя Яромир, Федос, Формат, Азимут и Жемчужный в среднем за пять лет в сравнении с стандартом (Суздалец) была выше, соответственно на 0,3-0,9 т/га. Самыми низкими показателями: стрессоустойчивостью ($Y_{min}-Y_{max} = -2,6$ т/га), коэффициентом адаптации ($KA = 0,92$), гомеостатичностью ($H_{om} = 0,17$), селекционной ценности ($Sc = 1,98$), относительной стабильности ($St^2 = 0,94$) и самой высокой величиной варьирования урожая по годам - коэффициентом вариации ($V = 22\%$), характеризовался сорт Суздалец. Сорт Надежный в 2020-2024 гг. соответствовал наибольшим значениям показателей: генетической гибкости (2,8 т/га), коэффициенту адаптивности ($KA = 1,13$), относительной стабильности ($St^2 = 0,99$) и оптимальному сочетанию параметров пластичности и стабильности с $bi = 0,76$ и $S_i^2 = 0,09$. По наименьшей сумме рангов ($\sum = 30$) сорт ячменя Надежный наиболее адаптирован к условиям Орловской области. Урожайность сортов существенно коррелировала с коэффициентом адаптивности (KA), $r = 0,994$. Статистически достоверны отрицательные корреляционные зависимости между ($Y_{min}-Y_{max}$) и коэффициентом вариации ($V, \%$) $r = -0,968$, коэффициентом регрессии (bi), $r = -0,957$ и положительные между ($Y_{min}-Y_{max}$) и гомеостатичностью (H_{om}), $r = 0,901$, показателем относительной стабильности (St^2), $r = 0,906$. Между коэффициентом вариации ($V, \%$) и гомеостатичностью (H_{om}), $r = -0,938$, селекционной ценностью (Sc), $r = -0,941$, относительной стабильностью (St^2), $r = 0,961$ и коэффициентом регрессии (bi), $r = 0,964$ отрицательные и положительная корреляционные связи статистически значимы.

Ключевые слова: ячмень яровой «Hordeum sativum L.», сорт, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность, выщелоченный чернозем.

Для цитирования: Стебаков В.И., Мазалов В.И., Небытов В.Г. Влияние погодных условий на урожайность и показатели адаптивных свойств сортов ярового ячменя. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):105-114 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-105-114

THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON YIELDS AND ADAPTIVE PROPERTIES OF SPRING BARLEY VARIETIES

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

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

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

Abstract: The research was carried out in 2020-2024 at the Shatilov agricultural experimental station with spring barley varieties Yaromir, Nadezhnyj, Suzdalec, Azimut, Fedos, Format, Talovskij 9, Zhemchuzhnyj on leached heavy loamy medium-sized chernozem: pH - 5.5-5.6; humus content - 6.4-6.9% (Tyurin); mobile phosphorus (P_2O_5) - 87-93 mg/kg and exchangeable potassium (K_2O) 125-138 mg/kg of soil (according to Chirikov). The highest value of the coefficient of determination between the indicators "precipitation totality and yield by variety" was noted in April $r^2=0.796$ for the Fedos variety. A high dependence of grain yield on June precipitation was found in the Yaromir variety $r^2=0.499$ and on August precipitation in the Yaromir and Format varieties, $r^2=0.679$ and $r^2=0.901$. The highest average grain yield in 2020-2024 was the Nadezhnyj spring barley variety (4.7 t/ha), the lowest was the Suzdalec and Talovskij 9 varieties (3.8 t/ha). The yield of spring barley varieties Yaromir, Fedos, Format, Talovskij 9 and Zhemchuzhnyj was higher on average over five years compared to the standard (Suzdalec), by 0.3 – 0.6 t/ha, respectively. The lowest indicators were stress resistance ($Y_{min}-Y_{max}=-2.6$ t/ha), adaptation coefficient ($KA=0.92$), homeostaticity ($Hom = 0.17$), relative stability index ($St^2 = 0.25$) and the highest value of yield variation over the years - the coefficient of variation ($V=25\%$) was characterized by the standard variety is Suzdalec. In 2020-2024, the Nadezhnyj variety had the highest values of indicators: genetic flexibility (2.8 t/ha), coefficient of adaptability ($KA=1.13$), relative stability ($St^2 = 0.99$) and corresponded to the optimal combination of plasticity and stability parameters with $bi = 0.76$ and $Si^2 = 0.09$. The lowest, sum of the ranks of each indicator - 20 corresponded to the Nadezhny variety adapted to the conditions of the Orel region. The yield of the varieties correlated most significantly with the coefficient of adaptation (KA), $r=0.994$. There are statistically significant negative correlations between ($Y_{min}-Y_{max}$) and coefficient of variation (V , %), $r= -0.968$, regression coefficient (bi), $r = -0.957$ and positive correlations between ($Y_{min}-Y_{max}$) and homeostaticity (Hom), $r = 0.901$, relative stability index (St^2), $r = 0.906$. Negative and positive correlations are statistically significant between coefficient of variation (V , %) and homeostaticity (Hom), $r = -0.938$, breeding value (Sc), $r = -0.941$, relative stability (St^2), $r = 0.961$ and regression coefficient (bi), $r = 0.964$.

Keywords: spring barley (*Hordeum sativum* L.); variety, yield, adaptability, leached chernozem.

Яровой ячмень – ценная зернофуражная культура, которая в Орловской области среди яровых зерновых занимала в 2020 году 185,5 тыс. га, в 2024 году – 125,1 тыс. га посевных площадей. В зерне ячменя содержатся незаменимые для человека и животных аминокислоты, включая наиболее ценные – лизин и триптофан. Большая доля зерна ячменя используется в животноводстве, рационе свиней, КРС и птицы, меньшая – в производстве муки и ячменного кофе, в котором отсутствует кофеин. Благодаря высокой питательной ценности перловая и ячневая крупы – ценный диетический продукт, способствующий улучшению пищеварения, снижению избыточного веса и ожирения. Пивоваренный ячмень служит сырьем для производства пива, экспортируется из Орловской области в Белоруссию и страны Балтии. Яровой ячмень – культура с коротким сроком созревания и в условиях оптимальной влагообеспеченности отличается значительной отзывчивостью на удобрения [1]. Высокая температура, условия недостаточной влагообеспеченности, негативно сказываются на урожайности, показателях качества зерна ячменя, продолжительности вегетационного периода [2-5]. Поэтому большое значение по результатам сортоиспытания

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. имеет внедрение в производство сортов с высокой урожайностью, устойчивых к неблагоприятным погодным условиям, зерном высокого качества [6-14].

Цель исследования – оценка урожайности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя, созданных в различных почвенно-климатических зонах и влияние на эти показатели погодных условий.

Условия, материалы и методы

Исследования выполняли в 2020-2024 гг. на Шатиловской СХОС с 8 сортами ярового ячменя: Яромир, Надежный, Суздалец (ФИЦ «Немчиновка»), Азимут, Федос, Формат (АНЦ «Донской»), Зерноград, Таловский 9 (Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева), Жемчужный (ФНЦ имени И.В. Мичурина).

Почва – выщелоченный тяжелого гранулометрического состава, среднемощный чернозем; pH – 5,5-5,6; содержание гумуса – 6,4-6,9% (по Тюрину); подвижного фосфора – 87-93 мг/кг и обменного калия (K₂O) 125-138 мг/кг почвы (по Чирикову). Предшественник – чистый пар, повторность 3-кратная, учетная площадь делянки 9 м². Обработка почвы включала – ранневесенне боронование, внесение удобрений под предпосевную культивацию в дозе N₄₅P₄₅K₄₅ кг/га (P₂O₅). Применили азотные – Naa, фосфорные – Рсд и калийные – Kх минеральные удобрения. Посев культуры проводили сеялкой СН-16 в оптимально ранние сроки (12.04.2020; 13.04.2021; 16.04.2022; 13.04.2023; 12.04.2024) с нормой высева 4,5 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 в фазе полной спелости поделяночно комбайном Сампо 130. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (2019), коэффициент линейной регрессии (b_i) и среднеквадратическое отклонение (S_i²) 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 Л.М. Животкову и соавт. (1984), гомеостатичность (Hom) и селекционную ценность (Sc) определяли по В.В. Хангильдину (1977), показатель относительной стабильности (St²) по Н.А. Соболеву (1980).

Результаты и обсуждение

По результатам дисперсионного анализа определена достоверность различий по урожайности между сортами, годами исследования и их взаимодействия. Наиболее существенный вклад (50%) в общую дисперсию урожайности вносил фактор среды «годы исследования». Роль сорта составляла 19%. Изменчивость урожайности на 31% достоверно обусловлена взаимодействием факторов «сорт и среда». Погодные условия (по данным метеостанции Верховье) за вегетационный период отличались неравномерностью распределения месячных осадков и показателей среднесуточной температуры воздуха. Среднемноголетнее количество осадков за апрель составило 40 мм и было неравномерно распределено по годам, предельные значения менялись от 40 мм (2020 г.) до 100 мм (2022 г.). В мае 2020, 2021 и 2022 гг. выпало осадков на 70, 11 и 5 мм выше, в 2023 и 2024 гг. меньше на 15 и 17 мм по сравнению со среднемноголетними данными. Изменение погодных условий наиболее существенно сказалось на урожайности ячменя в 2021 году. Температура воздуха в июне, июле и августе на 1,9°C, 2,4°C и 2,3°C превысила среднемноголетний показатель, количество осадков сократилось в июле и августе на 66 мм и 11 мм. Для вегетационного периода 2023 г был характерен пониженный температурный режим: май (-0,9°C), июнь (-1,2°C), июль (-0,8°C) к среднемноголетней. Осадки выпадали неравномерно, в апреле осадков выпало на 27 мм больше, в мае (-15 мм), июле (-17 мм) и августе (-60 мм) меньше к среднемноголетней. В июле и августе 2020-2024 гг. наблюдалось наиболее существенное усиление засушливости, повлиявшее на налив зерна ярового ячменя. Так, количество выпавших осадков в 2020-2024 гг. было соответственно меньше на 22-66 мм и на 4-31 мм при среднемноголетнем показателе 27 и 40 мм. Погодные условия 2024 года сложились неблагоприятно для роста и развития растений ячменя (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты детерминации между суммой осадков, температурой воздуха и урожайностью зерна сортов ярового ячменя, 2020-2024 гг.

Сорт	Сумма осадков, мм						Температура воздуха, °С				
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Σ апрель август	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Коэффициенты детерминации, r^2											
Суздалец	0,023	0,091	0,214	0,012	0,321	0,091	0,206	0,197	0,160	0,183	0,437
Надёжный	0,065	0,026	0,128	0,002	0,201	0,038	0,121	0,103	0,096	0,105	0,337
Яромир	0,061	0,148	0,499	0,024	0,679	0,032	0,350	0,302	0,199	0,187	0,477
Федос	0,796	0,086	0,167	0,168	0,247	0,008	0,052	0,052	0,003	0,001	0,004
Формат	0,169	0,231	0,404	0,345	0,901	0,074	0,242	0,274	0,092	0,127	0,252
Азимут	0,225	0,088	0,139	0,121	0,325	0,428	0,002	0,009	0,034	0,093	0,001
Таловский 9	0,018	0,004	0,226	0,090	0,070	0,149	0,013	0,001	0,001	0,009	0,066
Жемчужный	0,065	0,001	0,166	0,034	0,031	0,032	0,028	0,018	0,002	0,002	0,053

Температуры воздуха в июне, июле и августе были на +1,5°C, +2,5°C и +1,8°C, выше нормы, соответственно количество осадков выпало в мае на 17 мм, июле на 47 мм и августе на 28 мм меньше нормы, в июне ниже на 1 мм, что близко к норме. Наиболее благоприятными по количеству выпавших осадков за вегетационный период были 2020 г. (332 мм) и 2022 г. (306 мм). За 2021 и 2024 гг. сумма выпавших осадков за вегетационный период составила 274 мм и 213 мм.

С целью изучения зависимости между урожаями зерна сортов ярового ячменя и погодными условиями сравнивали данные урожайности с показателями месячных значений осадков, температуры воздуха в 2020-2024 гг. Оценка статистической обработки данных показала наличие существенной связи между урожайностью сортов ячменя Федос, Формат, Яромир и суммой осадков за апрель, июнь, август и сорта Азимут в целом за вегетационный период.

Наиболее высокое значение коэффициента детерминации между показателями «сумма осадков и урожайность по сортам» отмечалось за апрель $r^2=0,796$ у сорта Федос. В последующий период аналогичная высокая зависимость урожая зерна от осадков июня выявлена у сорта Яромир $r^2=0,499$ и от августовских осадков у сортов Яромир и Формат, коэффициенты детерминации были равны, $r^2=0,679$ и $r^2=0,901$. Оценка по показателю «температура воздуха – урожайность по вариантам опыта» выявила за август более высокую зависимость урожая зерна у сортов Суздалец и Яромир от среднесуточных температур, $r^2=0,437$ и $r^2=0,477$. Коэффициенты детерминации «температура воздуха- урожайность по сортам за май, июнь, июль» не существенны и не позволяют использовать в полной мере данные показатели для оценки зависимости урожая зерна от погодных условий.

Урожайность сравниваемых сортов ярового ячменя в 2020-2024 гг. существенно варьировалась от 2,8 т/га до 5,5 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность зерна сортов ярового ячменя, т/га

Сорта	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	В среднем	К стандарту
Суздалец (St.)	3,7	2,8	3,6	5,4	3,6	3,8	-
Надёжный	4,8	4,1	4,6	5,5	4,6	4,7	+0,9
Яромир	4,1	3,9	4,6	5,4	4,0	4,4	+0,6
Федос	3,8	4,4	4,3	4,0	3,9	4,1	+0,3
Формат	3,6	4,3	4,2	5,3	3,6	4,2	+0,4
Азимут	4,2	3,9	4,5	4,3	3,4	4,1	+0,3
Таловский 9	4,0	3,1	4,2	4,6	3,2	3,8	-
Жемчужный	4,0	3,9	4,1	5,0	3,1	4,0	+0,2
HCP ₀₅	0,15	0,08	0,13	0,13	0,12		
Индекс условий среды (I _j)	-0,09	-0,35	0,12	0,79	-0,47	-	-

Наибольший (-2,6 т/га) интервал варьирования урожая от 2,8 т/га до 5,4 т/га отмечен у сорта Суздалец, наименьший (-0,6 т/га) у сорта Федос от 3,8 до 4,4 т/га. Благоприятные условия для роста и развития растений ячменя сложились в 2023 году ($I_j = +0,79$). Среди испытуемых сортов ярового ячменя самым высоким урожаем зерна – 5,5 т/га выделился сорт Надежный. Сорта ярового ячменя Федос, Азимут, Таловский 9 и Жемчужный по урожайности на 1,4, 1,1, 0,8 и 0,4 т/га достоверно уступали стандарту Суздалец (5,4 т/га). В менее благоприятных условиях 2021 года ($I_j = -0,35$) выявлен высокий потенциал урожайности у сортов Надежный, Яромир, Федос, Формат, Азимут и Жемчужный существенно превысившими на 1,1- 1,6 т/га прибавками урожая сорт Суздалец. В самом неблагоприятном 2024 г. ($I_j = -0,47$) сорт Суздалец достоверно уступал по урожайности зерна на 1,0 ,0,4 и 0,3 т/га сортам Надежный, Яромир и Федос. В 2020 году сорта ярового ячменя

Надежный, Яромир, Азимут, Таловский 9 и Жемчужный превысили прибавкой урожая стандарт Суздалец на 1,1, 0,4, 0,5 и 0,3 т/га. Все сравниваемые сорта ярового ячменя в 2022 году превышали по урожайности на 0,5-1,0 т/га сорт Суздалец. Сорт Надежный существенно превышал по урожайности в 2020 г. на 1,2-0,6 т/га и 2024 г. 1,5-0,6 т/га сорта Суздалец, Яромир, Федос, Формат, Азимут, Таловский 9 и Жемчужный. Наиболее высокой средней урожайностью за 2020-2024 гг. годы выделился сорт Надежный (4,7 т/га); самая низкая урожайность была получена у сортов Суздалец и Таловский 9 (3,8 т/га). Урожайность сортов ярового ячменя Яромир, Федос, Формат, Азимут и Жемчужный в среднем за 5 лет в сравнении со стандартом Суздалец была выше, соответственно на 0,3-0,9 т/га.

Количественную оценку адаптивных свойств сортов ячменя по урожайности осуществляли разными показателями (табл. 3). Определенный по интервалу между минимальной и наибольшей урожайностью под влиянием контрастных погодных условий показатель стрессоустойчивости ($Y_{min}-Y_{max}$) имел отрицательные значения. Самое низкое его значение соответствовало высокой величине устойчивости сорта к контрастным условиям среды. Наиболее стрессоустойчив за 2020-2024 гг. был сорт ярового ячменя Федос (-0,6 т/га). Из сравниваемых сортов ярового ячменя необходимо выделить сорт Надежный с высоким уровнем средней пятилетней урожайностью зерна и средним показателем стрессоустойчивости (-1,4 т/га). Самой низкой стрессоустойчивостью с высоким показателем (-2,6 т/га) отличался стандартный сорт Суздалец. Низкой стрессоустойчивостью характеризовались сорта ярового ячменя: Жемчужный (-1,9 т/га), Формат (-1,7 т/га), Таловский 9 и Яромир (-1,5 т/га). Характеристику сортов по стрессоустойчивости дополняет показатель генетической гибкости $(Y_{min}+Y_{max})/2$, который определяет реакцию сорта на условия выращивания в контрастных условиях среды.

Таблица 3

Показатели стрессоустойчивости, генетической гибкости, гомеостатичности, пластичности и стабильности сортов ярового ячменя, 2020-2024 гг.

Сорта	$Y_{min}-Y_{max}$, т/га	$Y_{min} + Y_{max}/2$, т/га	КА	V, %	Hom	Sc	St^2	bi	Si^2	Σ рангов
Суздалец	-2,6	2,7	0,92	22	0,17	1,98	0,94	1,62	0,25	40
Надёжный	-1,4	2,8	1,13	10	0,47	3,52	0,99	0,76	0,09	30
Яромир	-1,5	2,7	1,06	13	0,34	3,18	0,98	1,12	0,02	39
Федос	-0,6	2,2	0,99	6	0,68	3,52	0,99	0,12	0,10	48
Формат	-1,7	2,7	1,01	15	0,28	2,85	0,97	1,11	0,17	31
Азимут	-1,1	2,3	0,99	9	0,46	3,52	0,99	0,50	0,13	44
Таловский 9	-1,5	2,3	0,94	15	0,25	2,57	0,97	1,10	0,10	51
Жемчужный	-1,9	2,6	0,96	15	0,27	3,04	0,97	1,18	0,08	43

Наибольшее значение соответствия между урожайностью и факторами среды отмечены у сорта Надежный (2,8 т/га). Сорта Суздалец, Яромир, Формат также имели соответственно равное высокое значение показателя генетической гибкости (2,7 т/га). Низким показателем генетической гибкости характеризовались сорта ярового ячменя Федос (2,2 т/га), Азимут и Таловский 9 (2,3 т/га). Коэффициент адаптивности (КА), рассчитанный по отношению урожайности каждого сорта к суммарной урожайности сортов, деленной на общее их количество, варьировал от 0,92 до 1,13. Наибольшее значение коэффициента адаптивности выше единицы среди испытываемых сортов отмечено у сорта Надежный (КА=1,13). Реакция сортов Яромир и Формат на условия среды была также выше (КА>1), КА= 1,06 и КА =1,01. Близким к (КА=1) характеризовались сорта ярового ячменя Федос и Азимут (КА =0,99). Коэффициент адаптивности (КА<1) имели сорта Суздалец (КА= 0,92), Таловский 9 (КА= 0,94). Коэффициент вариации – отношение стандартного отклонения к средней арифметической урожайности сорта, выраженное в % ($V\% = S/x \cdot 2 \cdot 100$) изменялся по сортам от V=6% до V=22%. Сорт Суздалец отличался самым большим показателем колеблемости

урожая зерна ($V=22\%$). Наиболее низкому среди сравниваемых сортов варьированию урожайности зерна, ($V=6\%$) соответствовал сорт Федос. Сорта Азимут и Надежный характеризовались средней изменчивостью урожайности по годам, ($V=9\%$ и $=10\%$). Величина гомеостатичности (Hom) рассчитанная по отношению средней арифметической величины урожая сорта к коэффициенту вариации отображает способность сорта к меньшему снижению урожая при изменении условий возделывания. По результатам исследований установлены различия по гомеостатичности (Hom) между сортами. Более высокие величины (Hom) выявлены у сортов Федос ($Hom = 0,68$), Надежный ($Hom = 0,47$) и Азимут ($Hom = 0,46$). Самая низкая величина (Hom) отмечена у сорта Суздалец ($Hom = 0,17$). Селекционная ценность сорта, определенная по формуле: $Sc = X_{ср.} \times X_{лим}/X_{орт}$, где $X_{ср.}$ средняя урожайность по сорту; – $X_{лим}$ урожайность лимитированная; – $X_{орт}$ урожайность оптимальная показала, что сорта с высоким показателем гомеостатичности имели высокую величину Sc . Наибольшая величина $Sc=3,52$ определена у сортов Надежный, Федос и Азимут, наименьшая – $1,98$ у сорта Суздалец. Определение показателя относительной стабильности ($St^2 = X^2 - S^2/X^2$, где X – средний урожай сорта, S^2 – общая дисперсия урожая данного сорта) показало среди сравниваемых сортов высокие величины относительной стабильности формирования урожая у сортов Надежный, Федос и Азимут ($St^2=0,99$). Стандартный сорт Суздалец характеризовался самой низкой величиной относительной стабильности $St^2 = 0,94$. Информативными количественными показателями адаптивных свойств сортов по урожайности являются параметры экологической пластиности (b_i) и стабильности (S_i^2). По результатам проведенного анализа выделены сорта ярового ячменя Суздалец, $b_i=1,62$, Яромир, $b_i=1,12$, Формат, $b_i=1,11$, Таловский 9, $b_i=1,10$ и Жемчужный $b_i=1,18$ с высокой отзывчивостью на благоприятные условия роста и развития. В меньшей степени реагировали на изменения условий внешней среды ($b_i<1$) по урожайности сорта Федос и Азимут ($b_i=0,12$) и ($b_i=0,50$), которые лучше использовать на экстенсивном фоне. Сорт Надежный, с коэффициентом регрессии, $b_i=0,76$ был ближе к единице ($b_i= 1$) и соответствовал изменению урожайности сорта изменению условий 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 характеризовались сорта с наименьшими значениями ($S_i^2 < 1$) Яромир ($S_i^2=0,02$), Жемчужный ($S_i^2=0,08$) и Надежный ($S_i^2 = 0,09$). Наименьшим показателем стабильности в изменяющихся погодных условиях возделывания отличался сорт Суздалец ($S_i^2=0,25$). При ранговой оценке с меньшим числовым значением суммы (\sum рангов=30) сорт ячменя Надежный был наиболее адаптирован к условиям Орловской области.

Анализ матрицы коэффициентов корреляции позволил установить взаимосвязь между урожайностью сортов ярового ячменя и показателями адаптивных свойств, выделить значимые информативные показатели с наибольшим количеством достоверных корреляционных связей (табл. 4).

Величины показателей КА, $Y_{min}-Y_{max}$, V , %, Hom , Sc , St^2 , b_i , достоверно взаимосвязаны и могут быть использованы в качестве критериев оценки адаптивных свойств сравниваемых сортов ячменя. Корреляционные парные зависимости и взаимосвязи между урожайностью и показателями адаптивных свойств имели отрицательную и положительную линейную связь различной тесноты, изменяющуюся в пределах от $r = -0,246$ до $r = -0,968$ от $r=0,106$ до $r=0,994$. Наиболее достоверно урожайность сортов коррелировала с коэффициентом адаптации (КА), $r=0,994$, что подтверждалось зависимостью отношения величины урожайности сорта к среднесортовой в различных погодных условиях вегетации.

Зависимость урожайности от показателей селекционной ценности (Sc), $r = 0,671$, относительной стабильности (St^2), $r = 0,630$ отмечалась в виде тенденции. Связь между урожайностью и $Y_{min}-Y_{max}$, $Y_{min} + Y_{max}/2$, V , b_i и S_i^2 статистически недостоверна.

Корреляционная матрица парных связей между урожайностью и адаптивностью у сортов ярового ячменя

Показатели	Урожайность, т/га	Ymin-Ymax, т/га	Ymin + Ymax/2, т/га	КА	V, %	Hom	Sc	St ²	bi
Коэффициент корреляции, г									
Ymin-Ymax	0,342								
Ymin + Ymax/2	0,485	-0,641							
КА	0,994*	0,367	0,451						
V, %	-0,498	- 0,968*	0,498	-0,508					
Hom	0,432	0,901*	-0,486	0,430	- 0,938*				
Sc	0,671	0,839	-0,246	0,662	- 0,941*	0,832			
St ²	0,630	0,906*	-0,345	0,646	- 0,961*	0,821	0,970*		
bi	-0,319	- 0,957*	0,634	-0,326	0,965*	- 0,964*	-0,840	-0,863	
Si ²	-0,493	-0,554	0,106	-0,519	0,574	-0,377	-0,656	-0,692	0,376

*г коэффициенты корреляции значимы, Р = 95%

Определенный интерес представляют взаимосвязи показателей адаптивных свойств между собой. Наибольшей информативностью с достоверными двумя отрицательными и двумя положительными корреляционными зависимостями отвечал показатель устойчивости к стрессу (Ymin-Ymax). Отрицательная корреляционная зависимость статистически достоверна между (Ymin-Ymax) и коэффициентом вариации (V, %), $r = -0,968$ и коэффициентом регрессии (bi), $r = -0,957$, положительная между (Ymin-Ymax) и гомеостатичностью (Hom), $r = 0,901$, показателем относительной стабильности (St²), $r = 0,906$. Между коэффициентом вариации (V, %) и показателями гомеостатичности (Hom), $r = -0,938$, селекционной ценности (Sc), $r = -0,941$, относительной стабильности (St²), $r = 0,961$ отрицательная корреляционная связь также статистически достоверна. Линейная положительная парная связь между V, % и коэффициентом регрессии (bi), $r = 0,965$ статистически значима. Меньшей информативностью по убыванию количества достоверных корреляционных связей отвечали показатели гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc). Показатель гомеостатичности (Hom) и коэффициент линейной регрессии (bi) с отрицательной корреляционной связью существенно коррелировали между собой, $r = -0,964$. Два показателя – селекционной ценности (Sc) и относительной стабильности (St²), $r = 0,970$ достоверно положительно взаимно коррелировали между собой. Следует отметить, что парная корреляция между коэффициентом регрессии (bi) и показателем стабильности (Si²) несущественна, $r = 0,376$, поскольку среди испытуемых нет сортов, которые одновременно совмещали высокие показатели пластичности и стабильности.

Заключение

Наиболее высокое значение коэффициента детерминации между показателями «сумма осадков и урожайность по сортам» отмечалось за апрель $r^2 = 0,796$ у сорта Федос и от осадков июня у сорта Яромир $r^2 = 0,499$ и от августовских осадков у сортов Яромир и Формат, $r^2 = 0,679$ и $r^2 = 0,901$. Самой высокой средней пятилетней урожайностью выделился сорт – Надежный (4,7 т/га); самой низкой сорта Суздалец и Таловский 9 (3,8 т/га). Урожайность сортов ярового ячменя Яромир, Федос, Формат, Азимут и Жемчужный в среднем за 5 лет в сравнении с стандартным (Суздалец) была, соответственно выше на 0,3-0,9 т/га. Из сравниваемых сортов ярового ячменя самыми низкими показателями: стрессоустойчивости (Ymin-Ymax = -2,6

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. т/га), коэффициентом адаптации (КА= 0,92), гомеостатичностью (Ном = 0,17), селекционной ценности (Sc=1,98), относительной стабильности (St² = 0,94) и самой высокой величиной варьирования урожая по годам – коэффициентом вариации (V=22%), характеризовался сорт Суздалец. Сорт ярового ячменя Надежный в 2020-2024 гг. обладал наибольшими значениями показателей – генетической гибкости (2,8 т/га), коэффициенту адаптивности (КА= 1,13) и соответствовал оптимальному сочетанию параметров пластичности и стабильности с $b_i = 0,76$ и $Si^2 = 0,09$. По сумме рангов (\sum рангов=30) сорт ячменя Надежный был наиболее адаптированный к условиям Орловской области. Анализ корреляционной матрицы позволил выявить достоверно высокие парные корреляции между урожайностью сортов и коэффициентом адаптации (КА), $r=0,994$. Отрицательные корреляционные зависимости статистически достоверны между (Y_{min}-Y_{max}) и коэффициентом вариации (V, %), $r= -0,968$ и коэффициентом регрессии (b_i), $r =-0,957$, положительные между (Y_{min}-Y_{max}) и гомеостатичностью (Ном), $r =0,901$, показателем относительной стабильности (St²), $r =0,906$. Между коэффициентом вариации (V, %) и гомеостатичностью (Ном), $r =-0,938$, селекционной ценностью (Sc), $r =-0,941$, относительной стабильностью (St²), $r =0,961$ и коэффициентом регрессии (b_i), $r =0,964$ отрицательные и положительная корреляционные связи статистически значимы.

Литература

1. Попов Ф.А., Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Светлакова Е.В. Эффективность возрастающих доз минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя сорта Новичок. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – №2. – С. 254-263. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.254-263.
2. Щенникова И.Н., Панихина Л.В. Влияние засухи на развитие элементов структуры урожайности сортов ярового ячменя // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – №1 (3). – С. 111-121. DOI: 10.26897/0021-342X-2024-3-111-121.
3. Косых Л.А., Столпивская Е.В., Никонорова Ю.Ю. Влияние погодных условий на хозяйственно ценные признаки сортов ячменя ярового в лесостепной зоне Среднего Поволжья. // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 1. – С. 31-38. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-31-38.
4. Филенко Г.А., Васильченко С.А., Донцов Д.П. Продуктивность сорта ярового ячменя Леон в зависимости от метеусловий в Южной зоне Ростовской области. // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 1 (49). – С. 43-49.
5. Анисимова Н.Н., Ионова Е.В. Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя и их вклад в формирование высокой продуктивности растений. // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 5. – С. 40-43.
6. Байкалова Л.П., Серебренников Ю.И. Оценка адаптивного потенциала сортов ячменя в Кансской лесостепи. // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 10. – С. 93-97.
7. Максимов Р.А., Киселёв Ю.А. Сравнительная оценка адаптивности и стабильности сорта ячменя Памяти Чепелева. // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 6. – С. 33-36. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10608
8. Бакулина, А.В., Широких И.Г. Подходы к повышению продуктивности и адаптивности ячменя с помощью технологий генетической модификации. // Аграрная наука Евро-Северо Востока. – 2019. – Т. 20, №
9. Левакова О.В., Ерошенко Л.М., Ерошенко А. Н. и др. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ. // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 3. – С. 30-33. DOI: 10.28983/ asj.y2021i3pp30-33
10. Ерошенко Л.М., Ромахин М.М., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Ромахина В.В., Болдырев М. А. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостабильность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183. – № 1. – С. 38-47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.
11. Новикова А.А., Гречишнина О.С., Емельянова А.А., Пустовалова А.А., Замерзляк М.В. Параметры адаптивности и гомеостатичности ярового ячменя в условиях Оренбургской области. // Земледелие. – 2022. – № 8. – С. 35-38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-35-38.
12. Брагин Р.Н., Филиппов Е.Г. Оценка показателей адаптивности сортов ярового ячменя по урожайности в условиях изменчивости природной среды. // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. - № 3. С. 18-24. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-18-24

13. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Продуктивность и стрессоустойчивость сортов ярового ячменя Омской селекции в условиях Южной лесостепи западной Сибири. // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т.14. – № 2. – С. 24-28. DOI: 10.31367/2079-8725-80-2-24-28.
14. Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С., Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В., Дюрбин Д.С. Элементы структуры урожая и продуктивность зерна сортов ярового ячменя. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 4 (48). – С. 123-130. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-123-130.

References

1. Popov F.A., Kozlova L.M., Noskova E.N., Svetlakova E.V. Efficiency of increasing doses of mineral fertilizers in the cultivation of spring barley of the Novichok variety. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021, no.2, pp. 254-263. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.254-263.
2. Shchennikova I.N., Panikhina L.V. The influence of drought on the development of yield structure elements of spring barley varieties. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2024, no.1 (3), pp. 111-121. DOI: 10.26897/0021-342X-2024-3-111-121.
3. Kosykh L.A., Stolpivskaya E.V., Nikonorova Yu.Yu. The influence of weather conditions on economically valuable traits of spring barley varieties in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Vestnik KrasGAU*, 2022, no. 1, pp. 31-38. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-31-38.
4. Filenko G.A., Vasil'chenko S.A., Dontsov D.P. Productivity of spring barley variety Leon depending on weather conditions in the Southern zone of Rostov region. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2017, no. 1 (49), pp. 43-49.
5. Anisimova N.N., Ionova E.V. Elements of the yield structure of spring barley varieties and their contribution to the formation of high plant productivity. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2016, no. 5, pp. 40-43.
6. Baikalova L.P., Serebrennikov Yu.I. Evaluation of the adaptive potential of barley varieties in the Kansk forest-steppe. *Vestnik KrasGAU*, 2014, no. 10, pp. 93-97.
7. Maksimov R.A., Kiselev Yu.A. Comparative assessment of the adaptability and stability of the barley variety Pamyati Chepeleva. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, v. 33, no. 6, pp. 33-36. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10608
8. Bakulina A.V., Shirokikh I.G. Approaches to increasing productivity and adaptability of barley using genetic modification technologies. *Agrarnaya nauka Evro-Severo Vostoka*, 2019, v. 20, no.1
9. Levakova O.V., Eroshenko L.M., Eroshenko A.N. et al. Evaluation of grain productivity and adaptability of domestic and foreign varieties of spring barley in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2021, no. 3, pp. 30-33. doi: 10.28983/ asj.y2021i3pp30-33
10. Eroshenko L.M., Romakhin M.M., Eroshenko N.A. et al. Urozhainost', plastichnost', stabil'nost' i gomeostabil'nost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Nechernozemnoi zony. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, 2022, v. 183, no. 1, pp. 38-47. doi:10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.
11. Novikova A.A., Grechishkina O.S., Emel'yanova A.A., Pustovalova A.A., Zamerzlyak M.V. Parameters of adaptability and homeostasis of spring barley in the conditions of the Orenburg region. *Zemledelie*, 2022, no. 8, pp. 35-38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-35-38.
12. Bragin R. N., Filippov E. G. Evaluation of the adaptability indicators of spring barley varieties for yield in conditions of environmental variability. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2022, v. 14, no. 3, pp. 18-24. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-18-24
13. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Productivity and stress resistance of spring barley varieties of Omsk selection in the conditions of the Southern forest-steppe of Western Siberia. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2022, v.14, no. 2, pp. 24-28. doi:10.31367/2079-8725-80-2-24-28.
14. Blokhin V.I., Nikiforova I.Yu., Ganieva I.S., Lanochkina M.A., Malafeeva Yu.V., Dyurbin D. S. Elementy struktury urozhaya i produktivnost' zerna sortov yarovogo yachmenya. *Zernobobovye i krupyanaye kul'tury*, 2023, no. 4(48), pp. 123-130. DOI:10.24412/2309-348X-2023-4-123-130.

ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕКЦИИ ГОЛОЗЁРНОГО ЯРОВОГО ЯЧМЕНИЯ

В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-9921-6105

С.Н. ШЕВЧЕНКО,* академик РАН. ORCID ID: 0000-0002-7605-9864

Д.О. ДОЛЖЕНКО,* кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-2004-329X

А.А. БИШАРЕВ,* кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0001-5804-3298

И.А. КАЛЯКУЛИНА*, научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0006-6561-550X

А.Н. ГУСЬКОВА, аспирант, ORCID ID: 0009-0003-4958-510X

Д.В. НАУМКИН, кандидат сельскохозяйственных наук

Ж.В. СТАРИКОВА, научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

*САМАРСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ САМНЦ РАН, E-mail: Samniish@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты научных исследований 2018-2024 гг. по созданию нового селекционного материала голозёрного ярового ячменя. Выявлены селекционно-генетические особенности голозёрных генотипов, отмечены линии различного происхождения с минимальным процентом необрушенных зерен: Нудум 15 и Нудум № 23311. Определены линейные размеры зерновок голозерного ячменя. Установлено, что натура зерна голозёрных форм существенно выше, чем у пленчатых сортов. Использование кластерного анализа способствует созданию теоретической и практической модели сорта ярового ячменя, идеальной по сбалансированности основных количественных признаков и урожайности. Заслуживают внимания кластер 5, в котором представлены лучшие голозёрные линии: Нудум 16 (Стрелецкий голозёрный), Нудум 12, Нудум 85 Нудум 86 и сорт Омский голозерный 1, с высокой урожайностью, крупностью зерна и сбором белка с гектара. Экологическое сортоиспытание в Орловской и Самарской областях позволило создать новый сорт ярового ячменя Стрелецкий голозёрный с комплексом ценных полезных признаков для возделывания в Центрально-Черноземном и Средневолжском регионах.

Ключевые слова: яровой ячмень, голозёрные формы, линейные размеры зерновок, кластерный анализ, показатели качества зерна, экологическое сортоиспытание.

Для цитирования: Сидоренко В.С., Шевченко С.Н., Долженко Д.О., Бишарев А.А., Калякулина И.А., Гуськова А.Н., Наумкин Д.В., Старикова Ж.В. Особенности селекции голозёрного ярового ячменя. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):115-125
DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-115-125

FEATURES OF BREEDING OF NAKED SPRING BARLEY

**V.S. Sidorenko, S.N. Shevchenko*, D.O. Dolzhenko*, A.A. Bisharev*, I.A. Kalyakulina*,
A.N. Gus'kova, D.V. Naumkin, Zh.V. Starikova**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

* SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – A BRANCH OF FSBSI THE
SAMARA SCIENTIFIC CENTER OF THE RAS, E-mail: Samniish@mail.ru

Abstract: The article presents the results of scientific research in 2018-2024 to create a new breeding material for naked spring barley. Breeding and genetic features of naked genotypes were revealed, lines of various origins with a minimum percentage of unhulled grains were noted:

Nudum 15 and Nudum No. 23311. The linear sizes of grains of naked barley are determined. It has been established that the grain nature of naked forms is significantly higher than that of filmy varieties. The use of cluster analysis contributes to the creation of a theoretical and practical model of the spring barley variety, ideal for balancing the main quantitative characteristics and yield. Cluster 5 deserves attention, which features the best naked lines: Nudum 16 (Streletsy golozernyi), Nudum 12, Nudum 85 Nudum 86 and the Omskii golozernyi 1 variety, with high yields, grain size and protein harvesting per hectare. Ecological variety testing in the Oryol and Samara regions has enabled the development of a new variety of spring barley, Streletsy Golozerny, with a range of valuable beneficial traits for cultivation in the Central Black Earth and Middle Volga regions.

Keywords: spring barley, naked forms, linear grain sizes, cluster analysis, grain quality indicators, ecological variety testing.

Введение

Ячмень является одной из ведущих сельскохозяйственных культур. Продукты питания из ячменя обладают высокой калорийностью. Отделение пленки при изготовлении продуктов из зерна пленчатого ячменя (ячневой и перловой крупы) приводит к существенным потерям полезных для организма веществ, содержащихся в оболочке зерна, зародыше, алейроном и субалейроном слоях, которые при технологической обработке теряются вместе с поверхностью пленкой. У голозерного ячменя зерно не покрыто пленкой и, подобно зерну пшеницы, легко отделяется при обмолоте от жесткой оболочки, плотно окутывающей зерно пленчатого ячменя. При сравнении химического состава зерен ячменя пленчатого и голозерного по основным пищевым составляющим, выявлены преимущества голозерного ячменя почти по всем показателям, за исключением содержания клетчатки [1]. Различные формы голозерного ячменя отличаются повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, богаты β -глюканами и другими веществами, обладающими антиоксидантной активностью. Исследования показывают, что включение голозерного ячменя в рацион питания способствует снижению уровня холестерина в крови, улучшению пищеварения и нормализации уровня сахара. Благодаря своим функциональным свойствам, голозерный ячмень может использоваться в качестве ингредиента для создания продуктов питания с улучшенными питательными характеристиками. В последние годы наблюдается растущий интерес к голозерному ячменю как к альтернативному источнику ценных питательных веществ [2, 3].

В XX веке внимание отдельных селекционеров и многих отечественных селекционных учреждений было обращено к проблеме выведения голозерных сортов ячменя и внедрения их в сельскохозяйственное производство, но почти все они не были успешны. Л.Е. Ходьков в своей работе «Голозерные и безостые ячмени» (1985) проанализировал опыт создания голозерных ячменей в стране и показал ряд перспективных селекционных форм собственной селекции. В коллекции ВИР сохраняется и поддерживается более 1230 образцов голозерного ячменя, собранных со всего мира. Она может послужить источником для создания высокоурожайных сортов голозерного ячменя свойствами. Изучение голозерных форм мировой коллекции ВИР показало, что они менее продуктивны, чем пленчатые, и обладают слабой адаптивностью. Целенаправленные исследования по созданию сортов голозерного ячменя в настоящее время проводятся в Канаде, Японии, США, Швеции и Чехии. В настоящее время активно ведется анализ генетических ресурсов с целью выделения источников и доноров по основным направлениям селекции. [4, 5, 6].

Среди голозерного ячменя выделены группа многорядного (convar. *coeleste* (L.) A. Trof.) и группа двурядного (convar. *nudum* (L.) A. Trof.) голозерного ячменя (Лукьянова и др., 1990). В состав вида культурного ячменя *Hordeum vulgare* L. входит множество разновидностей голозерного ячменя, однако для селекции на продуктивность наибольший интерес представляют две из них. Это многорядный голозерный ячмень разновидности convar. *coeleste* и двурядный – convar. *nudum*. В мировой коллекции ячменя ВИР собран обширный генофонд голозерного ячменя. Группа многорядных голозерных составляет небольшую часть коллекции, по сравнению с пленчатыми, и насчитывает 827 образцов, включает 34 разновидности. Голозерная группа двурядного ячменя состоит из 303 образцов

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. и включает 21 разновидность. Многие разновидности голозерного ячменя в коллекции ВИР являются эндемиками, встречаются очень редко и представлены в коллекции единичными образцами, что делает коллекцию ВИР уникальным источником ценного генетического материала. Изучение голозерных образцов мировой коллекции ВИР показало, что они в среднем на 30-80% менее продуктивны, чем пленчатые стандарты, кроме сорта Нога (к-26926 Нидерланды) [7, 8].

В РФ работы по селекции голозерного ячменя активно проводятся в Сибирском НИИ сельского хозяйства, Красноярском НИИ сельского хозяйства, Сибирском НИИ растениеводства и селекции, Кемеровском НИИ сельского хозяйства. К настоящему времени в нашей стране в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включено 8 сортов голозерного ячменя: Омский голозерный 1, Омский голозерный 4, Ергенинский голозерный, Ручей, Нудум 95, Оскар, Дева [9]. Как культура голозерный ячмень имеет большой нереализованный потенциал.

Цель исследований – сравнительные исследования биологических особенностей высокопродуктивных генотипов голозёрного ячменя и сорта Стрелецкий голозёрный для возделывания в Центрально-Чернозёмном и Средневолжском регионах РФ.

Материал и методика исследований

Объектом исследования являлись перспективные сортообразцы голозёрного ячменя [10] и сорт Стрелецкий голозёрный. Стандарт: сорт ярового голозёрного ячменя Омский голозёрный 1 (табл. 1). В конкурсантом и экологическом сортоиспытании общая площадь делянки составляет 10 м². Размещение делянок в опыте реномализированное, повторность 4-кратная. Норма высева – 5 млн. всхожих семян на гектар. Перед посевом внесли азотfosку (N15P15K15) в количестве 200 кг/га. Посев осуществляли селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева – 4,5 млн всхожих зерен/га. Обработку посевов от сорняков проводили в фазу кущения гербицидом Секатор Турбо 0,1 л/га, для защиты растений от вредителей применяли Кинфос 0,25 л/га.

Таблица 1

Перспективные селекционные линии голозерного ярового ячменя

№	Название сортов и линий	Происхождение
1	Омский голозёрный 1, ст.	(Голозерный*Омский 88)*(Голозерный*Омский 91)
2	Нудум 12	Атаман х Нудум к 25090 (Мексика)
3	Нудум 15	(Ассоль*Нудум 1)*Нога
4	Нудум 16 Стрелецкий голозёрный	Нога х Стрелецкий57
5	Целесте 17	Вакула х Нудум к 25090 (Мексика)
6	Нудум 18	Нудум к 25090 (Мексика) х Гонар
7	Нудум 85	Нога х Владимир
8	Нудум 86	Нога х Михайловский

Фенологические наблюдения, учет поражения болезнями, оценку фенотипической изменчивости количественных признаков проводили согласно методические указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Отбора проб для анализа растений по элементам структуры урожая проводилась по мере созревания сортообразцов. Для структурного анализа с каждой делянки отбирали по 25 растений с корнями. Анализ структуры урожая включал определение продуктивной кустистости (шт.), массы сухого растения (г); числа зерен с главного колоса и с подгонов (шт.); массы зерна с главного колоса и подгонов (г); числа зерен с растений (шт.); массы зерен с растения (г); массы 1000 зерен (г). Проведен дисперсионный анализ полученных результатов. Уборка – в фазе полного созревания селекционным малогабаритным комбайном. Отборы элитных голозёрных растений с заданными параметрами проведены из гибридных популяций ярового ячменя, созданных на основе высокопродуктивных генотипов, устойчивых к абиотическим факторам из F2-5 с перспективным фенотипом при широкорядном посеве гибридного и селекционных питомников.

Результаты и обсуждение

Голозёрные формы, созданные на базе высокопродуктивного сортообразца, представляют ценный исходный материал [10]. При скрещивании их с пленчатым генотипом в F1 наблюдается доминирование плёнчатости. В настоящее время считается, что различие между пленчатым и голозерным ячменем контролируется одним локусом. Пленчатость зерновки относят к доминантному признаку, а голозерность – к рецессивному. Генетический локус отнесен к длинному плечу хромосомы 7Н ячменя и получил название *nud* (от *nudum*) [11]. Еще не до конца понятен механизм образования пленчатости и голозерности зерновок ячменя. Наиболее часто встречающаяся в литературе версия заключается в том, что рецессивный ген *nud* находится в интактном состоянии и не образует склеивающий липидный слой между эпидермисом околоплодника зерновки и цветковыми чешуями, что позволяет им свободно разъединяться при обмолоте. А доминантный аллель *Nud* контролирует биосинтез липидов, которые способствуют склеиванию цветковых чешуй с зерновкой и образованию пленчатых сортов. Однако незначительное число исследований по этой тематике и большая вариабельность исходного материала, который еще не был до конца изучен, не позволяют выяснить молекулярные механизмы формирования голозерности и пленчатости в зерновках ячменя. Возможно, с использованием более широкого разнообразия голозерного ячменя и современных методов будут обнаружены новые локусы, отвечающие за признак голозерности. К настоящему времени выявлено появление полуголых зерновок ячменя. Они появляются под влиянием рецессивных генов полупленчатости (*smn*, *smn 2* и *sbn*). Их взаимодействие между собой и с главным геном пленчатости приводит к образованию полупленчатых зерновок ячменя [12]. Поэтому сортообразцы голозёрного ячменя могут иметь некоторое количество необрушенных зерен, влияющих на процесс их семеноводства и переработки в крупяном производстве. При анализе навески семян массой 100 г, откалиброванной на продольном сите 2,0 мм, выявлено, что доля необрушенных семян (в среднем за 3 года менее 5%) была у большинства перспективных сортообразцов, в результате браковки селекционного материала по этому показателю в ранних поколениях. Выявлены селекционные линии различного происхождения с минимальным процентом необрушенных зерен: Нудум 15 и Нудум № 23311 (табл. 2).

Таблица 2

Наличие необрушенных зерен у сортообразцов голозерного ячменя, 2018-2020 гг.

Сорт, линия	Масса 1000 семян, г	Число голых зерен, шт.	Число необрушенных зерен, шт.	% необрушенных зерен
Омский голозёрный 1	46,7	2006	136	6,7
Нудум 12	46,0	2084	90	4,1
Нудум 15	41,5	2382	34	1,4
Нудум 16 Стрелецкий голозёрный	46,1	2085	85	4,0
Целесте 17	36,8	2584	136	5,3
Нудум 85	46,9	2041	91	4,3
Нудум 86	43,6	2179	114	5,0
Нудум №82304*	43,1	2195	125	5,4
Нудум №23311*	41,9	2332	54	2,3
Нудум №13608*	40,4	2402	73	3,0
Среднее	43,3	2229,0	93,8	4,2
ст. отклонение	3,3	188,7	34,4	1,6

* – голозерные формы Самарского НИИСХ, представленные Долженко Д.О.

Под линейными размерами понимается длина, ширина и толщина зерна и семени. Длиной считается расстояние между основанием и верхушкой зерна, шириной – наибольшее

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. расстояние между боковыми сторонами и толщиной – между спинной и брюшной стороной (спинкой и брюшком). В результате изучения размеров зерновки метрическим способом перспективных голозёрных сортообразцов ярового выявлены существенные различия по длине и толщине зерновки, в меньшей степени – по ширине. К длиннозерным (более 8,5 мм) сортообразцам можно отнести селекционные линии: Нудум 12, Нудум №23311. Наиболее крупнозерными являются сорта Омский голозёрный 1 и Стрелецкий голозёрный. В технологическом плане перспективно использование и мелкозерных форм типа Целесте 17, так относительно некрупное зерновки ячменя менее подвержены травмированию (рис. 1).

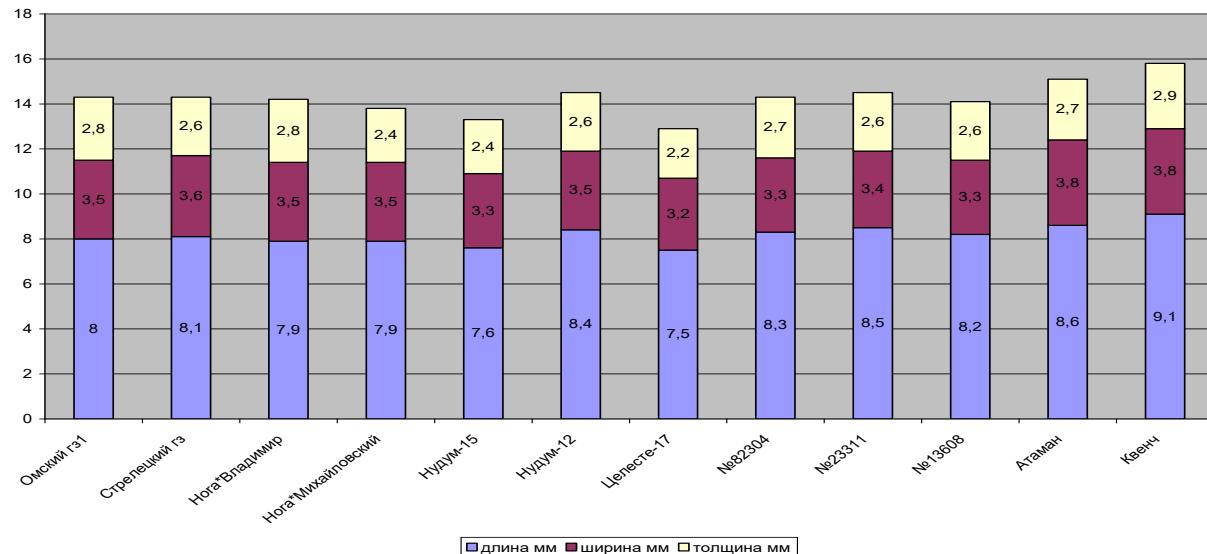


Рис. 1. Линейные размеры зерновок голозёрного ярового ячменя (мм), 2018-2020 гг.

Совокупность линейных размеров называется крупностью. Крупное зерно в технологическом отношении является наиболее ценным, так как у него более высокое содержание эндосперма, следовательно, и повышенный выход муки и крупы. Принимая условно зерновку за эллипсоид вращения, можно вычислить её объем: $V_3 = 3 / 4\pi a_1 b_1 c_1$, где a_1 , b_1 , c_1 : полуоси. (<https://www.asau.ru/vestnik/2014/12/132-137>). Объём зерновки существенно выше у пленчатых сортов ячменя, особенно у пивоваренного сорта Квенч (табл. 3).

Таблица 3

Объём зерновки и натура зерна голозёрных форм, 2018-2020 гг.

Сорт, линия	Крупность, мм^3	Натура, г/л
Омский голозёрный 1	23,1	805
Нудум 12	22,5	800
Нудум 15	17,7	800
Нудум 16	22,3	806
Стрелецкий голозёрный		
Целесте 17	15,5	794
Нудум 85	22,8	804
Нудум 86	19,5	793
№82304	21,8	781
№23311	22,1	791
№13608	20,7	788
Атаман	26,0	685
Квенч	29,5	665
среднее	22,0	776
ст.отклонение	3,6	48

Натурой зерна ячменя имеет важное значение для выработки крупы и определяется как масса 1 литра семян в граммах (ГОСТ 6378-72). На величину натуры влияют: состояние поверхности зерна, форма зерна, крупность, плотность, влажность, плёнчатость, зрелость и выполненност зерна, масса 1000 зёрен, выравненность. Зерно выполненное, полновесное имеет повышенную натуру. Ограничительные кондиции по натуре зерна для зерна ячменя первого класса качества 630 г/л превзошли все изучаемые сортобразцы. Результаты изучения натуры зерна ячменя показывают существенное превышение этого показателя у лучших голозёрных образцов (около 800 г/л) по сравнению с плёнчатыми сортами, у которых натура зерна составила 665...685 г/л. Наиболее высокий показатель натура зерна зафиксирован у линии Нудум 16 (Стрелецкий голозёрный) – 806 г/л (табл. 3).

Фенотипические особенности плёнчатых, голозёрных и многорядных форм ярового ячменя стали основой для проведения кластерного анализа. Для изучения степени генетического родства были использованы показатели структурного анализа, содержание белка в зерне и урожайность. Результаты кластерного анализа при группировке сортов по средним показателям позволили сформировать кластеры как между плёнчатыми и голозёрными генотипами, так и внутри них. Использование в кластерном анализе группирующих признаков позволяет идентифицировать по количественным признакам генотипы в группы с минимальным Эвклидовым расстоянием между ними, а также оценивать сбалансированность сортов и селекционных линий по количественным признакам. Снижение определенного уровня формирования одного или нескольких признаков в сорте и селекционной линии препятствует их включению в лучший кластер, даже если они имеют высокий уровень урожайности. Использование кластерного анализа при идентификации генотипов приближает нас к созданию теоретической и практической модели сорта ярового ячменя, идеальной по сбалансированности основных количественных признаков и урожайности. Кластерный анализ сортов и линий ярового ячменя по средним показателям позволил сформировать 3 кластера изучаемых голозёрных генотипов. В отдельные кластеры выделены многорядные голозёрные линии разновидности Целесте (кластер 1) и многорядные плёнчатые линии разновидности Палладум (кластер 2), отличающиеся высокой озернённостью колоса и формированием урожая зерна за счет массы зерна с главного колоса. В тоже время наиболее высокоурожайные плёнчатые сорта Атаман, Тонус, Квенч, хорошо приспособленные к различным условиям Центральной России образовали отдельный кластер 3. Наиболее высокоурожайные новые сорта европейской селекции Жана, Чарльз вошли в кластер 6. Кластеры 4 и 5 включают голозёрные линии и сорта различного происхождения. Идентификация сортов и селекционных линий ярового ячменя с использованием кластерного анализа по элементам структуры урожая позволила выделить сорта, у которых наблюдалась четко выраженная сбалансированность количественных признаков и потенциала урожайности (табл. 4, рис. 2). Использование кластерного анализа способствует созданию теоретической и практической модели сорта ярового ячменя, идеальной по сбалансированности основных количественных признаков и урожайности. Заслуживает внимания кластер 5, в котором представлены лучшие голозёрные линии: Нудум 16 (Стрелецкий голозёрный), Нудум 12, Нудум 85 Нудум 86 и сорт Омский голозерный 1, с высокой урожайностью, крупностью зерна и сбором белка с га. Высокая продуктивная кустистость отмечена у сорта Омский голозёрный 1 и селекционных линий № 13608 и № 82304. Следует обратить внимание на повышенную кустистость у многорядной формы Целесте 17 (3,6-3,8). Лучшими фенотипами по длине колоса являются двурядные голозёрные линии Нудум 16 (Стрелецкий голозёрный) и № 82304, по массе колоса и массе зерна с колоса многорядные формы Целесте 17 и Палладум № 10006. Можно выделить двурядные образцы с хорошо озерненным колосом (25 зерен): сорта Атаман и голозёрная линия Нудум 16 (Стрелецкий голозёрный), лучшие показатели (42...44 зерна в колосе) у многорядной голозёрной формы Целесте 17. По массе 1000 зерен заслуживают внимания крупнозерные голозёрные образцы (более 50 г): Нудум 85 и Нудум 16 (Стрелецкий голозёрный). По результатам структурного и кластерного анализов можно выделить линию голозерного

Таблица 4

Сформированные кластеры ярового ячменя, 2018-2020 гг.

№ п.п.	Варианты вошедшие в кластер	N	Min	Среднее	Max	SS
1	Целесте 17	2.00	0.30	0.30	0.30	0.00
2	Паллидум №10006					
3	Атаман, Квенч, Тонус	6.00	0.15	0.32	0.53	0.01
4	Нудум 15 Нудум №82304 Нудум №23311 Нудум №13608	4.00	0.20	0.25	0.32	0.00
5	Омский гз 1 Нудум 16 (Стрелецкий гз) Нудум 85 Нудум 86 Нудум 12	5.00	0.09	0.36	0.72	0.02
6	Жана, Чарльз	2.00	0.34	0.34	0.34	0.00

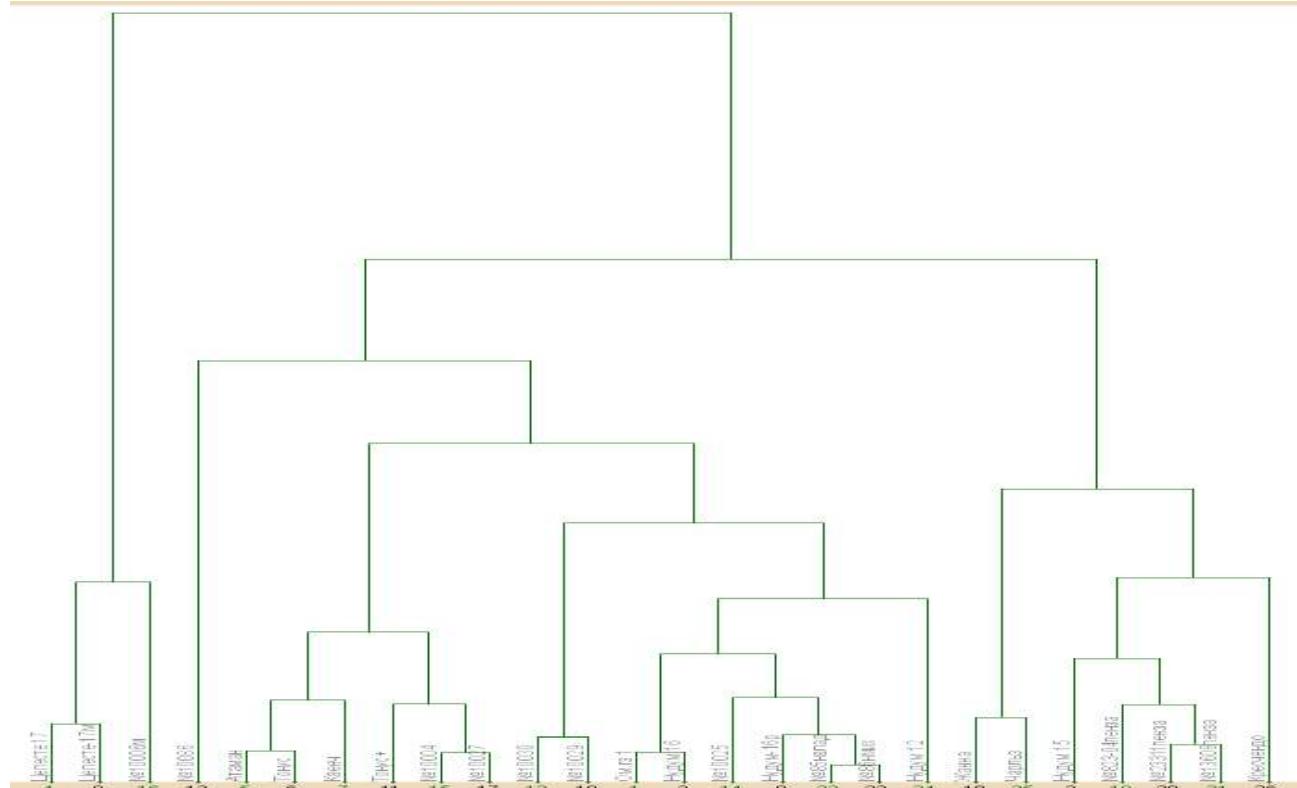


Рис. 2. Дендрограмма кластерного анализа генотипов ярового ячменя, 2018-2020 гг.

Наиболее вредоносными листовыми болезнями ячменя являются мучнистая роса и гельминтоспориоз. Анализ их развития в 2018-2020 гг. на растениях ярового ячменя в фазу начала налива зерна позволил выявить относительно устойчивые фенотипы к мучнистой росе и гельминтоспориозу, в частности голозёрную линию Нудум 16р (Стрелецкий голозёрный) – 28% и 20%, при поражении сорта Омский голозёрный 1 – 76% и 36%, соответственно (рис. 3).

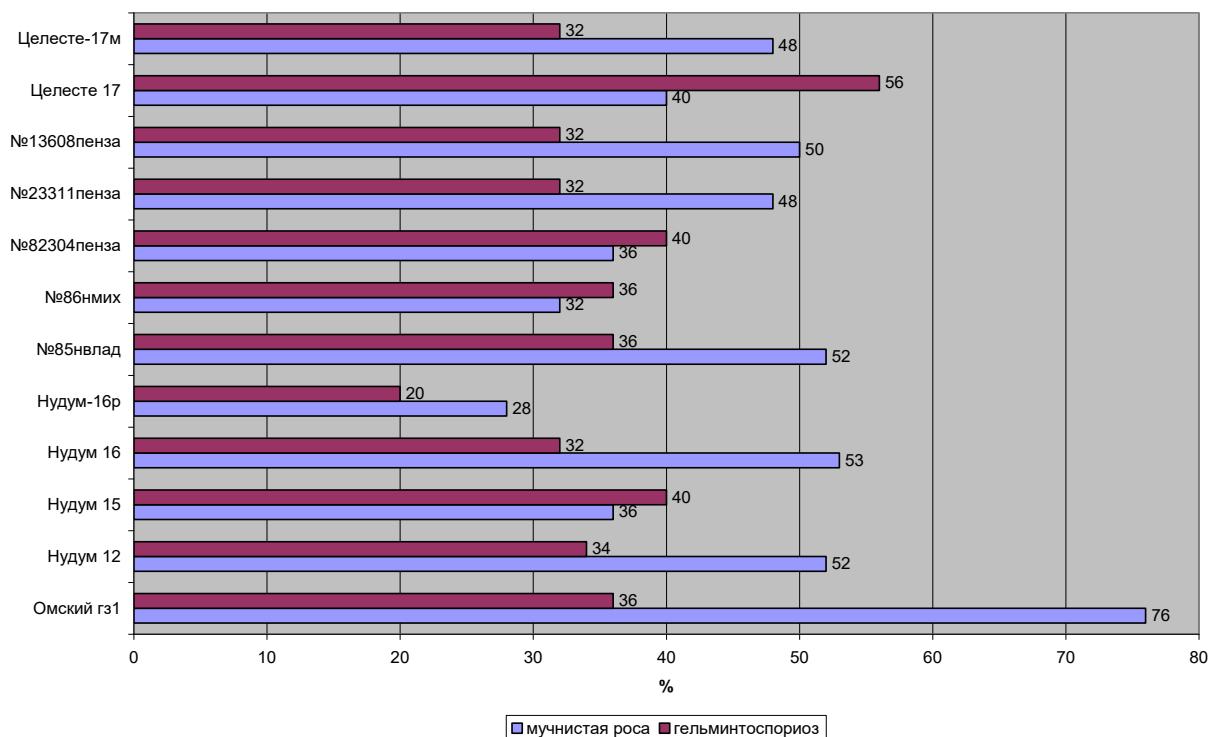


Рис. 3. Поражение болезнями голозёрных сортов ярового ячменя

При изучении биохимического состава зерна по содержанию белка можно выделить голозёрную линию Нудум 16 (Стрелецкий голозёрный) с высоким содержанием белка в зерне (в 2021 г. – 17,9%, 2020 г. – 15,2%, 2019 г. – 16,5%). Сорт ярового ячменя Стрелецкий голозёрный был передан на ГСИ совместно с Самарским НИИСХ – филиалом СамНЦ РАН. Средняя урожайность за годы изучения в конкурсном сортоиспытании ФНЦ ЗБК составила 3,91 т/га, что на 0,32 т/га выше стандартного сорта Омский голозёрный, в условиях Самарского НИИСХ новый сорт показал урожайность на уровне стандарта (табл. 5). Установлено, что голозёрный сорт Стрелецкий голозёрный в среднем за 3 года превысил стандарт Омский голозёрный 1 по урожайности на 9,1% при высоких показателях качества зерна. Сорт Стрелецкий голозёрный, среднеранний, короткостебельный, высота растений 73 см. Обладает высокой засухоустойчивостью. Сорт предназначен на крупяные цели.

Таблица 5

Урожайность сорта Стрелецкий голозёрный в экологическом сортоиспытании, т/га

Год/сорт	Стрелецкий голозёрный (ФНЦ ЗБК)	Омский голозёрный (ФНЦ ЗБК)	Стрелецкий голозёрный (Самарский НИИСХ)	Омский голозёрный (Самарский НИИСХ)
2022	3,84	3,52	3,40	3,61
2023	4,88	5,13	3,23	3,15
2024	3,02	2,14	0,72	0,64
Средняя	3,91	3,59	2,45	2,46

Характеристика растений сорта Стрелецкий голозёрный в экологическом сортоиспытании, 2022-2024 гг.

Показатели	Стрелецкий голозёрный		Омский голозерный 1	
	ФНЦ ЗБК	Самарский НИИСХ	ФНЦ ЗБК	Самарский НИИСХ
Высота, см	67,8	63,8	71,0	66,2
Кустистость, шт.	2,5	2,8	3,7	2,7
Длина колоса, см	9,7	7,5	9,6	7,7
Число зёрен, шт.	22,0	16,1	22,8	17,5
Масса зерна с колоса, г	1,30	0,73	1,33	0,80

Структурный и другие анализы позволили выделить новый сорт Стрелецкий голозёрный как исходный материал с комплексом ценных хозяйственных признаков для селекции в Центрально-Черноземном и Средневолжском регионах (табл. 6).

Содержание белка у сорта Стрелецкий голозёрный варьировало от 15,3% до 18,6% в условиях Орла и от 13,8% до 19,4% в Самарском НИИСХ, что было на уровне стандарта. Наибольшее содержание крахмала (59,6%) отмечено у сорта Стрелецкий голозёрный в 2022 г. в Самарском НИИСХ. Размах варьирование биохимических показателей был выше при испытании в Самарском НИИСХ (табл. 7). Результаты экспериментального изучения исходного материала по содержанию белка в разных эколого-географических зонах страны показывают сложную генетическую детерминацию этого признака. Активный поиск генетических источников для селекции на качество зерна среди всего мирового разнообразия ячменя позволил выделить образцы с высоким содержанием белка в зерне.

Таблица 7

Качество зерна ярового голозёрного ячменя в экологическом испытании

Сорт	Содержание белка, %			Содержание крахмала, %		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Стрелецкий голозёрный (ФНЦ ЗБК)	15,3	15,5	18,6	55,8	55,2	56,2
Стрелецкий голозёрный (Самарский НИИСХ)	13,8	14,3	19,4	59,6	57,0	49,2
Омский голозёрный (ФНЦ ЗБК)	16,2	15,4	18,3	54,5	55,4	55,3
Омский голозёрный (Самарский НИИСХ)	13,6	14,3	20,2	58,4	55,5	50,4
Среднее по опыту	14,7	14,8	19,1	57,1	55,7	52,7
Ст. отклонение	1,1	0,6	0,7	2,1	0,7	3,2

Важное практическое значение имеет выход белка с единицы площади. Это связано с питательной ценностью получаемого корма для животных. Чем выше выход белковых веществ, тем экономически выгоднее использовать зерно ячменя для приготовления кормов. Выход белка с единицы площади зависит как от зерновой продуктивности сорта, так и от его содержания. Сравнительный анализ показал, что в среднем за годы изучения пленчатый стандарт Атаман формировал 586 кг/га сырого белка. Сбор белка с гектара у лучших голозёрных сортообразцов составил 566...646 кг/га. Наиболее стабильным он был у сорта Стрелецкий голозёрный – 591 кг/га. Эти данные свидетельствуют о том, что у ячменя достаточный выход белка с единицы площади может быть обеспечен сочетанием высокой продуктивности с повышенным содержанием белка в зерне.

Перспективными для дальнейшей селекции ярового ячменя на крупяные цели является сорт Стрелецкий голозёрный разновидности нудум. Выход крупы 49-57%. По качеству зерна

– ценный ячмень. Максимальная урожайность 6,34 т/га получена в Курской области в 2023 году и 6,84 т/га в ФНЦ ЗБК в 2025 году. Создан ФГБНУ ФНЦ ЗБК совместно с ФГБУН «СамНЦ РАН». Сорт Стрелецкий голозёрный выделяется среди других известных голозерных сортов и демонстрирует однородность и стабильность. Год включения в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию – 2025. Регионы: Центрально-Черноземный (5), Средневолжский (7). Номер патента: 13724

Заключение

Перспективным направлением селекции голозерного ячменя является гибридизация хорошо изученных источников голозёрности с высокопродуктивными, адаптированными к местным условиям отечественными сортами.

Ранее установлено, что сорта пленчатого ячменя более продуктивны, чем голозерные формы. Урожайность новых голозёрных форм составляет 79...91% от урожайности пленчатого стандарта с пленчатостью 12...15%. При анализе результатов сравнительного изучения урожайности голозерного ячменя и других показателей в ФНЦ ЗБК (Орловская область) и Самарском НИИСХ подтверждается заключение, что совместная селекционная работа с голозерными ячменями дает положительный эффект по ускорению времени создания сортов с заданными параметрами.

На основании комплексных исследований установлено, что новые современные сорта голозёрного ярового ячменя, реально не уступают по урожайности и превосходят по качеству зерна другие сорта ярового ячменя, что открывает реальные перспективы производства зерна для получения крупы. Лучшим в экологическом испытании ячменя по урожайности был сорт Стрелецкий голозёрный (в среднем 3,91 т/га), включенный в Государственный реестр селекционных достижений с 2025 г. по Центрально-Чернозёмному и Средневолжскому регионам. Данный сорт отвечает требованиям для производства крупы, имеет показатель содержания белка более 15%, натуру зерна более 800 г/л, максимальную урожайность более 60 ц/га. Необходима разработка технологии возделывания голозерных сортов для различных регионов.

Литература

1. Филиппов Е.Г., Дорошенко Э.С. Голозерный ячмень состояние изученности и перспективы использования. // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 4. – С. 5-7.
2. Кирдогло Е.К., Полищук С.С., Червонис М.В. Методология и результаты селекции ячменя пищевого использования. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2013. – Т. 171. – С. 240-253.
3. Полонский В.И., Сумина А.В. Содержание бета-глюканов в зерне как перспективный признак при селекции ячменя на пищевое использование. // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – Вып. 5. – С. 30-44.
4. Аниськов Н.И. Голозёрный ячмень в Западной Сибири. // Зерновое хозяйство. – 2008. – № 1-2. – С. 20-21.
5. Дорошенко Э.С., Филиппов Е.Г., Донцова А.А. Сидоренко В.С. Изучение голозёрных сортов ярового ячменя в условиях Северного Кавказа. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 132-138. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11103
6. Сидоренко В.С., Наумкин Д.В., Костромичёва В.А., Старикова Ж.В., Ухова Ф.В. Перспективы селекции голозёрного ячменя и овса в Центральной России. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 78-83.
7. Лукина К.А., Ковалева О.Н., Лоскутов И.Г. Голозерный ячмень: систематика, селекция и перспективы использования. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2022; – 26 (6):524-536.
8. Богданова Т.М., Терентьева И.А., Хохлова А.П., Иванова Н.Н. Селекционная ценность голозерных ячменей. В: Генетические ресурсы культурных растений. Тез. докл. междунар. научн.практ. конф. СПб.: ВИР, – 2001. – С. 215-217.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (офиц. изд.). М.: Росинформагротех, – 2024. – 620 с.

10. Сидоренко В.С., Наумкин Д.В., Мазалов В.И., Костромичева В.А., Старикова Ж.В., Ухова Ф.В. Продуктивность сортов и линий ярового голозерного ячменя. //Земледелие. – 2016. – № 4. – С. 36-38.
11. Gerasimova S.V., Hertig C., Korotkova A.M., Kolosovskaya E.V., Otto I., Hiekel S., Kochetov A.V., Khlestkina E.K., Kumlehn J. Con version of hulled into naked barley by Cas endonuclease-mediated knockout of the NUD gene. *BMC Plant Biol.* 2020;20 (Supl.)
12. Железнов А.В., Кукоева Т.В., Железнова Н.Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – 17 (2):286-297.

References

1. Filippov E.G., Doroshenko E.S. Naked barley the state of study and prospects of use. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2015, no. 4, pp. 5-7.
2. Kirdoglo E.K., Polishchuk S.S., Chervonis M.V. Methodology and results of food-grade barley breeding. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, 2013, Vol. 171, pp. 240-253.
3. Polonskii V.I., Sumina A.V. The content of beta-glucans in grain as a promising feature in the breeding of barley for food use. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2013, Iss. 5, pp. 30-44.
4. Anis'kov N.I. Naked barley in Western Siberia. *Zernovoe khozyaistvo*, 2008, no. 1-2, pp. 20-21.
5. Doroshenko E.S., Filippov E.G., Dontsova A.A. Sidorenko V.S. The study of naked varieties of spring barley in the conditions of the North Caucasus. *Zernobobovye i krupyanaye kul'tury*, 2019, no. 2 (30), pp. 132-138 . DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11103
6. Sidorenko V.S., Naumkin D.V., Kostromicheva V.A., Starikova Zh.V., Ukhova F.V. Prospects of breeding of naked barley and oats in Central Russia. *Zernobobovye i krupyanaye kul'tury*, 2016, no. 1 (17), pp. 78-83.
7. Lukina K.A., Kovaleva O.N., Loskutov I.G. Naked barley: taxonomy, breeding and prospects of use. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2022, no.26(6), pp.524-536.
8. Bogdanova T.M., Terent'eva I.A., Khokhlova A.P., Ivanova N.N. Breeding value of naked barley. In: Genetic resources of cultivated plants. Tez. dokl. mezhdunar. nauchn.prakt. konf. SPb.: VIR, 2001, pp. 215-217.
9. The State Register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. Plant varieties (official edition)
10. Sidorenko V.S., Naumkin D.V., Mazalov V.I., Kostromicheva V.A., Starikova Zh.V., Ukhova F.V. Productivity of varieties and lines of spring naked barley. *Zemledelie*. 2016, no. 4, pp. 36-38.
11. Gerasimova S.V., Hertig C., Korotkova A.M., Kolosovskaya E.V., Otto I., Hiekel S., Kochetov A.V., Khlestkina E.K., Kumlehn J. Con version of hulled into naked barley by Cas endonuclease-mediated knockout of the NUD gene. *BMC Plant Biol.* 2020;20 (Supl.)
12. Zheleznov A.V., Kukoeva T.V., Zheleznova N.B. Naked barley: origin, distribution and prospects of use. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2013, no.17(2), pp. 286-297.

КАЧЕСТВО БЕЛКА ЗЕРНА ГОЛОЗЕРНЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНИЯ

И.Ю. НИКИФОРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID: 0000-0003-4313-2401, E-mail: irina220169@mail.ru.

И.С. ГАНИЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID: 0000-0002-9925-0178, E-mail: irinaganieva1984@mail.ru.

М.А. ЛАНОЧКИНА, научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-5609-5529,
E-mail: lmar2701@mail.ru.

Ю.В. МАЛАФЕЕВА, научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-7461-381X,
E-mail: malxp@mail.ru

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФГБНУ «ФИЦ КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

Аннотация. Цель исследований – оценить качество белка зерна голозерных образцов ярового ячменя по семи критериям: содержанию лизина (г/100 г белка), сумме аминокислот (г/100 г белка), коэффициенту различия аминокислотных скоров (КРАС, %), биологической ценности (БЦ, %), индексу незаменимых аминокислот (ИНАК, доли ед.), обобщенному коэффициенту утилитарности (U, доли ед.), коэффициенту сопоставимой избыточности (G, доли ед.). Определение содержания белка и тринадцати аминокислот (метионин, лизин, треонин, метионин, триптофан, валин, изолейцин, лейцин, гистидин, фенилаланин, аргинин, серин, тирозин) в дробленом зерне проводили с помощью метода спектроскопии в ближней инфракрасной области на приборе DS 2500F фирмы FOSS. По сумме аминокислот значения четырех образцов Оскар, Нуудум 25, Нуудум 27, Нуудум 95 вышли за верхнюю границу 95% доверительного интервала и составили 54,31/58,58/54,52/54,28 г/100 г белка соответственно. По сумме аминокислот голозерные образцы превысили пленчатый стандарт на 1,9-18,3%. Максимальная прибавка к пленчатому стандарту отмечена у Нуудум 25 и составила 18,3%. Образец Нуудум 27 характеризовался комплексом критериев высокой биологической ценности белка. У него зафиксированы низкие значения коэффициента различия аминокислотных скоров (13,2%), коэффициента сопоставимой избыточности (14,35 доли ед.) и высокие значения биологической ценности (86,8%), индекса незаменимых аминокислот (0,38 доли ед.), обобщенного коэффициента утилитарности (0,82 доли ед.).

Ключевые слова: голозерный яровой ячмень, белок, аминокислоты, критерии.

Для цитирования: Никифорова И.Ю., Ганиева И.С., Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В. Качество белка зерна голозерных образцов ярового ячменя. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):126-134 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-126-134

GRAIN PROTEIN QUALITY OF HULL-LESS SPRING BARLEY SAMPLES

I.Y. Nikiforova, I.S. Ganieva, M.A. Lanochkina, Yu.V. Malafeeva

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE SSU FRC KazSC RAS, Kazan, Russia

Abstract: The aim of the study was to evaluate the protein quality of hull-less spring barley grain samples by seven criteria: lysine content (g/100 g protein), total amino acids (g/100 g protein), coefficient of difference in amino acid rates (CARD, %), biological value (BC, %), index of essential amino acids (INAA, fractions of units), generalized coefficient of utility (U, fractions of units), coefficient of comparable excess (G, fractions of units). Determination of the content of protein and thirteen amino acids (methionine, lysine, threonine, methionine, tryptophan, valine, isoleucine, leucine, histidine, phenylalanine, arginine, serine, tyrosine) in crushed grain was

carried out using the near infrared spectroscopy method on a DS 2500F device from FOSS. In terms of the sum of amino acids, the values of four samples Oscar, Nudum 25, Nudum 27, Nudum 95 went beyond the upper limit of the 95% confidence interval and amounted to 54.31/58.58/54.52/54.28 g/100 g of protein, respectively. In terms of the sum of amino acids, the hull-less samples exceeded the filmy standard by 1.9-18.3%. The maximum increase to the filmy standard was noted for Nudum 25 and amounted to 18.3%. The Nudum 27 sample was characterized by a set of criteria of high biological value of protein. It had low values of the coefficient of difference in amino acid scores (13.2%), the coefficient of comparable excess (14.35 fractions of units) and high values of biological value (86.8%), the index of essential amino acids (0.38 fractions of units), and the generalized coefficient of utility (0.82 fractions of units).

Keywords: hull-less spring barley, protein, amino acids, quality criteria.

Введение

На мясо бройлеров в структуре отечественного производства мяса птицы приходится около 92% (Цыдрина Ю., 2024). Национальный союз птицеводов и аналитическая служба ИД «Аграрная наука» подготовили рейтинг крупнейших производителей мяса бройлеров в РФ по итогам 2024 г. На восемнадцатом месте рейтинга – компания «АК-Барс» холдинг из республики Татарстан, выпустившая 62 тыс. тонн продукции в живом весе на убой с долей на рынке 0,9%. Исследованиями [1] установлена эффективность включения голозерного ячменя в количестве 20,0-30,0% от массы комбикорма при откорме цыплят бройлеров. Обусловлено это биохимическим составом зерна. Применение пленчатого ячменя в комбикормах для птицы ограничивается высоким содержанием сырой клетчатки (20,2-56 г на 1 кг сухого вещества), между тем в зерне голозерного ячменя содержание последней в 2,1-2,5 раза ниже и составляет 13,8-27,0 г на 1 кг сухого вещества [2, 3, 4]. Содержание белка в зерне голозерного ячменя в зависимости от выбора сорта, элементов технологии и почвенно-климатических условий зоны возделывания варьирует от 14,5 до 24,6% [5, 6, 7]. По данному показателю голозерные сорта ярового ячменя превышают пленчатые стандарты на 2,4-14,1% [8, 9]. Традиционная оценка ценности кормового сырья с точки зрения количественного показателя белка, на сегодняшний день является не актуальной и абсолютно не отражает реальную ценность корма. Аминокислоты являются тем ключевым компонентом, который определяет полноценность того или иного вида белка. По сумме незаменимых аминокислот голозерные ячмени превышают пленчатые стандарты на 22,0-22,8% [10]. В суммарном белке всех злаковых культур лизин выступает первой лимитирующей аминокислотой. Почти во всех растительных кормах, кроме бобовых культур, лизин содержится в недостаточном количестве, что снижает их биологическую ценность. Содержание последней в белке голозерного ячменя варьирует от 0,44...0,65...0,85%, что на 13,6...47,7...57,4% больше, чем в пленчатом стандарте.

Цель исследований – оценить качество белка зерна голозерных образцов ярового ячменя.

Материал и методы исследований

Исследования проведены в 2023-2024 гг. в аналитической лаборатории и на опытных полях Татарского НИИСХ, расположенных в Предкамской зоне РТ. Объект исследования – зерно 16 образцов ярового ячменя. Из них 15 представлены голозерными образцами: Оскар (оригинатор ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН); Омский голозерный 1, Омский голозерный 2, Омский голозерный 4 (оригинатор Омский аграрный научный центр); Спутник (оригинатор ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого); линии Нудум 18, Нудум 19, Нудум 20, Нудум 25, Нудум 26, Нудум 27 (оригинатор ФНЦ ЗБК); Нудум 95 (Грязнов А.А.); Стрелецкий голозерный, Olga, De printemps (коллекция ВИР им. Н.И. Вавилова). Стандарт – пленчатый сорт Финист (оригинатор Самарский ФИЦ РАН, ФНЦ лубяных культур, Самарская ГСХА). Технология возделывания общепринятая для республики Татарстан. Предшественник – озимая рожь. Фон минерального питания – N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀.

Определение содержания белка и тринадцати аминокислот (метионин, лизин, треонин, метионин, триптофан, валин, изолейцин, лейцин, гистидин, фенилаланин, аргинин, серин,

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
тирозин) в дробленом зерне проводили с помощью метода спектроскопии в ближней инфракрасной области на приборе DS 2500F фирмы FOSS. Валидация и градуировка соответствуют ГОСТ ISO 12099-2017. Высокая точность анализа содержания аминокислот в зерне ячменя с помощью метода спектроскопии в ближней инфракрасной области приведена в исследованиях (Samanta J. et al., 2021)

Оценку качества белка образцов ярового ячменя проводили по семи критериям: содержанию лизина (г/100 г белка), сумме аминокислот (г/100 г белка), коэффициенту различия аминокислотных скоров (КРАС, %), биологической ценности (БЦ, %), индексу незаменимых аминокислот (ИНАК, доли ед.), обобщенному коэффициенту утилитарности (U, доли ед.), коэффициенту сопоставимой избыточности (G, доли ед.). Данные критерии рассчитывали по формулам, приведённым в практикуме Мазаловой Н.Ф. [11]. Коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС) показывает среднюю величину избытка аминокислотного скора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем скора какой-либо незаменимой аминокислоты. Коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС) указывает на избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды. По величине коэффициента различия аминокислотных скоров (КРАС) оценивают биологическую ценность белка (БЦ). Чем выше коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС), тем ниже биологическая ценность. Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК) позволяет учитывать количество всех незаменимых аминокислот. Чем выше индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), тем больше по массе незаменимых аминокислот в исследуемом образце. Обобщённый коэффициент утилитарности (U) аминокислотного состава белка численно характеризует степень сбалансированности незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме. Чем выше значение обобщённого коэффициента утилитарности (U), тем лучше сбалансированы аминокислоты и тем рациональнее они могут быть использованы организмом. Коэффициент сопоставимой избыточности (G) характеризует содержание незаменимых аминокислот в белковом компоненте. Он показывает процент незаменимых аминокислот, которые не будут использоваться организмом в метаболических процессах. Чем ниже значение коэффициента сопоставимой избыточности, тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты. Аминокислотный состав идеального белка для бройлеров приведен Зверевым С.В. и Никитиной М.А. [12]. Доверительный интервал и ранжирование образцов ярового ячменя по критериям качества белка рассчитывали по Б.А. Доспехову (1973). Максимальный ранг соответствовал максимально высокому значению критерия качества.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены данные: о содержании белка в зерне, аминокислот в белке и сумме аминокислот в белке голозерных образцов, пленчатого стандарта и идеального белка для бройлеров. С вероятностью 95% генеральная средняя показателя содержания белка в зерне голозерных образцов располагалась в интервале 15,06-16,32%. Значения трех образцов Нудум 26, Нудум 95 и Olga вышли за верхнюю границу доверительного интервала и составили 16,45/16,83/17,99% соответственно. Голозерные образцы по содержанию белка в зерне превысили пленчатый стандарт на 1,38-5,03%.

С вероятностью 95% генеральная средняя показателя содержания лизина в белке голозерных образцов располагалась в интервале 5,12-5,44 г/100 г белка. Значения трех образцов Нудум 20, Нудум 25 и Нудум 27 вышли за верхнюю границу доверительного интервала и составили 5,47/5,95/5,47 г/100 г белка соответственно. Голозерные образцы по содержанию лизина превысили пленчатый стандарт на 0,15-1,03 г/100 г белка.

С вероятностью 95% генеральная средняя показателя суммы аминокислот голозерных образцов располагалась в интервале 51,32-54,13 г/100 г белка. Значения четырех образцов Оскар, Нудум 25, Нудум 27, Нудум 95 вышли за верхнюю границу доверительного интервала и составили 54,31/58,58/54,52/54,28 г/100 г белка соответственно.

Содержание белка в зерне (%), аминокислот в белке (г/100 г белка), среднее 2023-2024 гг.

Образец	Белок, %	Содержание аминокислот в 100 г белка, г											Прибавка к стандарту, %
		Метионин	Лизин	Триптофан	Тreonин	Изолейцин	Лейцин	Аргинин	Гистидин	Валин	Ф/аланин+тироzin	Глицин+серин	
Идеальный белок для бройлеров		2,5	7,2	1,4	5,4	5,4	8,9	7,6	2,4	6,3	9,0	9,7	65,8
Финист-стандарт	12,96	2,35	4,92	1,42	3,24	3,47	7,02	5,21	1,73	5,07	7,86	7,65	49,53
Оскар	15,58	2,20	5,25	1,57	3,59	4,04	7,61	5,65	1,89	5,07	8,68	8,74	54,31
Омский голозерный 1	15,26	2,18	5,43	1,63	3,42	3,91	7,75	5,72	1,94	4,92	8,35	8,53	53,79
Омский голозерный 2	14,11	2,28	5,07	1,51	3,19	3,51	7,40	5,35	1,71	4,69	8,1	8,34	51,16
Омский голозерный 4	14,31	2,36	5,40	1,43	3,41	3,79	7,45	5,43	1,88	4,84	8,32	8,29	52,61
Нудум 18	17,13	2,12	5,01	1,38	3,33	3,72	6,70	5,27	1,79	4,69	8,11	8,34	50,48
Нудум 19	15,85	2,24	5,35	1,41	3,58	3,93	7,31	5,53	1,88	4,88	8,35	8,59	53,06
Нудум 20	14,96	2,27	5,47	1,42	3,61	3,94	7,40	5,63	1,97	4,99	8,46	8,66	53,81
Нудум 25	14,34	2,44	5,95	1,53	3,89	4,39	8,29	6,18	2,21	5,28	9,07	9,33	58,58
Нудум 26	16,45	1,97	4,83	1,48	3,20	3,60	6,47	5,11	1,56	4,64	7,73	7,85	48,43
Нудум 27	14,52	2,33	5,47	1,39	3,68	3,98	7,56	5,69	2,01	5,05	8,53	8,84	54,52
Нудум 95	16,83	2,23	5,39	1,53	3,59	4,06	7,59	5,69	1,99	5,02	8,49	8,68	54,28
Olga	17,99	1,98	4,78	1,30	3,34	3,63	6,38	5,21	1,77	4,59	7,57	7,91	48,46
Спутник	15,84	2,23	5,34	1,55	3,39	3,89	7,53	5,44	1,84	4,84	8,41	8,29	52,76
Стрелецкий голозер.	16,18	2,19	5,22	1,43	3,48	3,86	7,06	5,39	1,78	4,84	8,32	8,29	51,85
De printempe	16,09	2,24	5,29	1,43	3,53	3,91	7,28	5,53	1,92	4,89	8,26	8,57	52,85
среднее	15,69±0,29		5,28±0,07										52,73±0,65
95% доверительный интервал	15,09-16,32		5,12-5,44										51,32-54,13

Примечание: здесь и далее жирным шрифтом выделены значения, выходящие за верхнюю границу 95% доверительного интервала

Критерии качества белка образцов ярового ячменя, среднее 2023-2024 гг.

Образец	КРАС, %	БЦ, %	ИНАК, доли ед.	U, доли ед.	G, доли ед.
Идеальный белок	0,0	100,0	1,0	1,0	0,0
Финист-стандарт	15,0	85,0	0,23	0,79	17,74
Оскар	14,6	85,4	0,36	0,81	15,94
Омский голозерный 1	17,2	82,8	0,35	0,77	19,22
Омский голозерный 2	16,8	83,2	0,26	0,76	20,73
Омский голозерный 4	15,3	84,7	0,31	0,79	17,62
Нудум 18	13,5	86,5	0,24	0,80	16,17
Нудум 19	12,9	87,1	0,32	0,82	14,45
Нудум 20	13,5	86,5	0,35	0,82	14,84
<u>Нудум 25</u>	16,2	83,8	0,55	0,81	15,44
Нудум 26	11,7	88,3	0,21	0,80	16,04
Нудум 27	13,2	86,8	0,38	0,82	14,35
Нудум 95	14,6	85,4	0,37	0,81	15,76
Olga	10,8	89,2	0,19	0,84	12,68
Спутник	15,9	84,1	0,31	0,78	18,24
Стрелецкий голозерный	13,0	87,0	0,29	0,82	14,74
De printempe	13,6	86,4	0,31	0,81	15,10
среднее	14,24±0,95	85,77±0,95	0,32±0,04	0,80±0,01	16,19±1,09
95% доверит. интервал	13,28-15,19	84,41-86,72	0,28-0,36	0,79-0,81	15,09-17,28

Примечание: жирным шрифтом с подчеркиванием выделены значения, выходящие за нижнюю границу 95% доверительного интервала: КРАС, % – коэффициенту различия аминокислотных скоров; БЦ, % – биологическая ценность; ИНАК, доли ед. – индекс незаменимых аминокислот; U, доли ед. – обобщенный коэффициент утилитарности; G, доли ед. – коэффициент сопоставимой избыточности

По сумме аминокислот голозерные образцы, за исключением Нудум 26 и Olga, превысили пленчатый стандарт на 1,9-18,3%. Максимальная прибавка суммы аминокислот к стандарту зафиксирована у Нудум 25 и составила 18,3%.

В таблице 2 представлены значения критериев качества белка образцов ярового ячменя. С вероятностью 95% генеральная средняя показателя коэффициента различия аминокислотных скоров (КРАС, %) располагалась в интервале 13,28-15,19%. Значения пяти образцов Нудум 19, Нудум 26, Нудум 27, Olga и Стрелецкий голозерный вышли за нижнюю границу доверительного интервала и составили 12,9/11,7/13,2/10,8/13,0% соответственно.

С вероятностью 95% генеральная средняя показателя биологической ценности белка (БЦ, %) располагалась в интервале 84,41-86,72%. Значения пяти образцов Нудум 19, Нудум 26, Нудум 27, Olga и Стрелецкий голозерный вышли за верхнюю границу доверительного интервала и составили 87,1/88,3/86,8/89,2/87,0% соответственно

С вероятностью 95% генеральная средняя показателя индекса незаменимых аминокислот (ИНАК, доли ед.) располагалась в интервале 0,28-0,36 доли ед. Значения трех образцов Нудум 25, Нудум 27 и Нудум 95 вышли за верхнюю границу доверительного интервала и составили 0,55/0,38/0,37 доли ед. соответственно.

С вероятностью 95% генеральная средняя показателя коэффициента (U, доли ед.) располагалась в интервале 0,79-0,81 доли ед. Значения пяти образцов Нудум 19, Нудум 20, Нудум 27, Ольга и Стрелецкий голозерный вышли за верхнюю границу доверительного интервала и составили 0,82/0,82/0,82/0,84/0,82 доли ед. соответственно.

С вероятностью 95% генеральная средняя показателя коэффициента сопоставимой избыточности (G, %) располагалась в интервале 15,09-17,28 доли ед. Значения пяти образцов Нудум 19, Нудум 20, Нудум 27, Olga и Стрелецкий голозерный вышли за нижнюю границу доверительного интервала и составили 14,45/14,84/14,35/12,68/14,74 доли ед. соответственно.

Учитывая множественность критериев оценки качества белка образцов ячменя, мы провели ранжирование (табл. 3). Образец Нудум 27 характеризовался максимально высоким значением суммы рангов (99). У него зафиксированы низкие значения коэффициента различия аминокислотных скоров (13,2%), коэффициента сопоставимой избыточности (14,35 доли ед.) и высокие значения биологической ценности (86,8%), индекса незаменимых аминокислот (0,38 доли ед.), обобщенного коэффициента утилитарности (0,82 доли ед.), содержания лизина (5,47 г/100 г белка) и суммы аминокислот (54,52 г/100 г белка). Минимальные значения суммы рангов отмечены у сортов Финист (44) и Омского голозерного 2 (38).

Ранжирование образцов ярового ячменя по критериям качества белка

Образец	Ранг							Сумма рангов
	КРАС, %	БЦ, %	ИНАК, доли ед.	U, доли ед.	G, доли ед.	Содержание лизина, г/100 г белка	Сумма аминокислот, г/100 г белка	
Нудум 27	12	12	15	15	15	15	15	99
Нудум 19	14	14	11	15	14	11	10	89
Нудум 20	11	11	12	15	12	15	12	88
<u>Нудум 25</u>	6	6	16	14	10	16	16	84
Нудум 95	9	9	14	14	9	12	13	80
Стрелецкий голозерный	13	13	9	15	13	7	6	76
Оскар	9	9	13	14	8	8	14	75
De printempe	10	10	10	14	11	9	9	73
Olga	16	16	4	16	16	2	2	72
Омский голозерный 4	7	7	10	13	5	13	7	62
Нудум 26	15	15	5	13	7	3	1	59
Нудум 18	11	11	7	12	6	5	4	56
Омский голозерный 1	4	4	12	9	2	14	11	56
Спутник	6	6	10	10	3	10	8	53
Финист-стандарт	8	8	6	11	4	4	3	44
Омский голозерный 2	5	5	8	8	1	6	5	38

Выводы

1. Голозерные образцы ярового ячменя превысили пленчатый стандарт: по содержанию белка на 1,38-5,03%; по содержанию лизина – на 0,15-1,03 г/100 г белка, по сумме аминокислот – на 1,9-18,3%, по сумме рангов (за исключением сорта Омский голозерный 2).

2. Образец Нудум 27 характеризовался максимально высоким значением суммы рангов (99). У него зафиксированы низкие значения коэффициента различия аминокислотных скоров (13,2%), коэффициента сопоставимой избыточности (14,35 доли ед.) и высокие значения биологической ценности (86,8%), индекса незаменимых аминокислот (0,38 доли ед.), обобщенного коэффициента утилитарности (0,82 доли ед.), содержания лизина (5,47 г/100 г белка) и суммы аминокислот (54,52 г/100 г белка).

Литература

1. Грязнов А.А., Романова О.В. Эффективность использования зерна ячменя голозерного сорта Нудум 95 в кормлении цыплят бройлеров. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2019. – № 11. – С. 24-33.
2. Бурлов С.П., Большелапова Н.И. Изучение голозерных форм ярового ячменя в Иркутском ГАУ. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. – 2022. – № 2 (67). – С. 24-30. DOI: 10.34655/bgsha.2022.67.2.003.
3. Кущева О.В. Голозерный ячмень в технологии откорма свиней. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (123). – С. 103-106.
4. Аниськов Н.И., Поползухин П.В., Николаев П.Н., Сафонова И.В. Агробиологическая ценность сортов ярового ячменя Омский голозерный 1 и Омский голозерный 2. // Сибирский Вестник Сельскохозяйственной Науки. – 2015. – № 6 (247). – С. 24-29.
5. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Агробиологическая характеристика голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – 180 (1). – С. 38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43
6. Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Анисимкина Н.В. Оценка биохимических и технологических показателей зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя в условиях Среднего Поволжья. // Зерновое хозяйство России. – 2023. – Т.15. – С. 23-28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-23-28
7. Шевченко С.Н., Долженко Д.О. Результаты селекции голозерного ячменя в Среднем Поволжье. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С. 15-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-15-27.
8. Дорошенко Э.С., Филиппов Е. Г., Донцова А.А., Донцов Д.П. Результаты изучения мировой коллекции голозерного ячменя по показателям качества зерна в условиях юга Ростовской области. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 6 (72). – С. 84-94. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-84-94
9. Белкина Р.И., Губанов М.В., Губанова В.М. Продуктивность сортов пленчатого и голозерного ячменя в северной лесостепи Тюменской области. // Известия Оренбургского Государственного Аграрного Университета. – 2017. – № 5 (67). – С.54-55)
10. Грязнов А.А., Четина О.И., Кущева О.В. Роль голозерного сорта ячменя в формировании эффективной кормовой базы Челябинской области. // АПК России. – 2016. – Т. 23. – № 5. – С. 918-924
11. Мазалова Н.Ф. Пищевая химия, практикум. Керчь. – 2020. – С. 19-20.
12. Зверев С.В., Никитина М.А. Оценка качества белковых культур. // Комбикорма. – 2017. – № 4. – С. 37-41.

References

1. Gryaznov A.A., Romanova O.V. Efficiency of using the Nudum 95 naked barley grain in feeding broiler chickens. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*, 2019, no. 11, pp. 24-33
2. Burlov S.P., Bol'sheshapova N.I. Study of hull-less forms of spring barley in Irkutsk State Agrarian University. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii imeni V.R. Filippova*. 2022, no. 2 (67), pp. 24-30. DOI:10.34655/bgsha.2022.67.2.003.

3. Kushcheva O.V. Hull-less barley in pig fattening technology. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 1 (123), pp. 103-106.
4. Anis'kov N.I., Popolzukhin P.V., Nikolaev P.N., Safonova I.V. Agrobiological value of spring barley varieties Omskiy Golozerny 1 and Omskiy Golozerny 2. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki*, 2015, no. 6 (247), pp.24-29.
5. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Agrobiological characteristics of naked barley varieties bred by the Omsk Scientific and Research Center. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, 2019, 180 (1), pp. 38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43
6. Shabolkina E.N., Shevchenko S.N., Anisimkina N.V. Evaluation of biochemical and technological indicators of grain of varieties of hulled and naked barley in the conditions of the Middle Volga region. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2023, v.15, pp.23-28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-23-28
7. Shevchenko S.N., Dolzhenko D.O. Results of selection of hull-less barley in the Middle Volga region. *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*, 2021, no. 2 (38), pp. 15-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-15-27.
8. Doroshenko E. S., Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P. Results of the study of the world collection of hull-less barley for grain quality indicators in the conditions of the south of the Rostov region. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2020, no. 6 (72), pp. 84-94. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-84-94
9. Belkina R.I., Gubanov M.V., Gubanova V.M. Productivity of varieties of hulled and naked barley in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*, 2017, no. 5 (67), pp.54-55
10. Gryaznov A.A., Chetina O.I., Kushcheva O.V. The role of the naked barley variety in the formation of an effective forage base in the Chelyabinsk region. *APK Rossii*, 2016, v. 23, no. 5, pp. 918-924
11. Mazalova N.F. Food chemistry, workshop. Kerch.2020. S. 19-20.
12. Zverev S.V., Nikitina M.A. Evaluation of the quality of protein in legumes. *Combined feed*. 2017, no. 4, pp. 37-41

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

С.А. БЕЛЬЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук,

<https://orcid.org/0000-0001-7467-8314>, E-mail: sabel032@rambler.ru

Н.В. МИЛЕХИНА, кандидат с. - х. наук, <https://orcid.org/0000-0002-9420-1967>

И.Д. САЗОНОВА, кандидат с. - х. наук, <https://orcid.org/0000-0001-8702-4758>

О.А. ЗАЙЦЕВА, кандидат с. - х. наук, <https://orcid.org/0000-0003-3846-8517>

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки биологической и экономической эффективности применения препаратов АО Фирмы «Август» при защите посевов ярового ячменя. Подбор сортов является наиболее доступным и эффективным элементом рентабельного производства зерна. Научные исследования проведены на опытном поле Брянского ГАУ в период с 2022 по 2024 годы. Объект исследований – 10 новых сортов ярового ячменя, включенных в госсортоиспытание, из них: среднеспелые: – Милан, Белозар, Колдун, Корнет, Рейдер Эрудит, Атаман (среднепоздний) отечественной селекции и 3 сорта зарубежной селекции – Калькуль, Эксплоер и Грейс (среднеспелые). Но затраты на сорт и семена оправданы лишь при соблюдении всех технологических элементов. Полная (комплексная) система защиты растений ярового ячменя применяемая в адаптивной региональной технологии возделывания является одним из важных инструментов, необходимым для повышения продуктивности и эффективности отрасли растениеводства. Нарушение одного технологического элемента может привести к нарушению системного подхода и, следовательно, к существенному снижению урожайности зерновой культуры и качественных параметров зерна. В научных экспериментах при проведении защитных химических мероприятий на агроценозах ячменя был установлен биологический эффект применения гербицидов, фунгицидов и инсектицидов на посевах изучаемой культуры на 95-100%. При этом, следует отметить, что при внесении фунгицидов и инсектицидов (Байсайд, ВСК 1,5 л/га) + Табу Нео, СК (0,7 л/т); Ракурс, СК (0,4 л/га) + Борей Нео, СК (0,2 л/га) и Балий, КМЭ (0,8 л/га) + Борей Нео, СК (0,2 л/га) установлена биологическая эффективность: на 10 день после обработки – 95%, а на 20 – 100%. При внесении пестицидов, обладающих высокой экономической эффективностью, на контроле – получена урожайность зерна ячменя по 5,05 т/га, в варианте 2 - полной схеме защиты по 5,36 т/га. Достоверная прибавка к контролю (+ 0,31 т/га зерна), чистый доход составил 44,26 тыс. руб./га, а рентабельность 127%.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, схема химической защиты, продуктивность, биологическая эффективность.

Для цитирования: Бельченко С.А., Милехина Н.В., Сазонова И.Д., Зайцева О.А.

Эффективность применения комплексной химической защиты ярового ячменя в условиях Брянской области на серых лесных почвах. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):135-144 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-135-144

APPLICATION OF COMPLEX CHEMICAL PROTECTION OF SPRING BARLEY IN THE BRYANSK REGION ON GRAY FOREST SOILS

S.A. Belchenko, N.V. Milekhina, I.D. Sazonova, O.A. Zaitseva

FSBEI HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: The article presents the results of an assessment of the biological and economic effectiveness of the use of August preparations in the protection of spring barley crops. Selection of varieties is the most affordable and effective element of cost-effective grain production. Scientific research was conducted at the experimental field of the Bryansk State Agrarian University in the period from 2022 to 2024. The object of research is 10 new varieties of spring barley included in the state export test: medium-ripened - Milan, Belozar, Koldun, Kornet, Raider Erudite, Ataman (medium-late) domestic breeding and varieties of foreign breeding – Kalkul, Explorer and Grace (medium-ripened). But the costs of the variety and seeds are justified only if all technological elements are observed. A complete (integrated) spring barley plant protection system used in adaptive regional cultivation technology is one of the important tools needed to increase productivity and efficiency of the crop industry. A violation of one technological element can lead to a violation of the systematic approach and, consequently, to a significant decrease in the yield of grain crops and grain quality parameters. In scientific experiments, when carrying out protective chemical measures on agroценозах of barley, the biological effect of using herbicides, fungicides and insecticides on crops of the studied crop was established by 100%. At the same time, it should be noted that when applying fungicides and insecticides (Bayside, VSK 1.5 l/ha) + Tabu Neo, SK (0.7 l/t); Rakurs, SK (0.4 l/ha) + Borei Neo, SK (0.2 l/ha) and Baliy, KME (0.8 l Borei Neo, SC (0.2 l/ha) established biological efficacy, which was 95% on the 10th day after treatment, and 100% on the 20th. According to the results of the experiments, when applying pesticides with high economic and economic efficiency in option 1 (control), the yield of barley grain was 5.05 t/ha, in option 2 – 5.36 t/ha. A significant increase in control (+ 0.31 t/ha of grain), net income amounted to 44.26 thousand rubles/ ha, and profitability 127%.

Keywords: spring barley, variety, chemical protection scheme, productivity, biological efficiency.

Введение

Брянская область является регионом с интенсивно развивающимся АПК. Положительная динамика достигнута научно обоснованными методами ведения хозяйства, модернизацией производства, инновационными и современными технологиями с рациональным использованием имеющихся производственных ресурсов. В 2024 году региональными сельхозпредприятиями произведено сельскохозяйственной продукции в денежном выражении на сумму – 112,3 млрд. рублей, что больше на (+11,2%) к уровню предыдущего года. От общего объема выращенной продукции земледелия продукция отрасли растениеводства составила чуть менее половины (47,9%) [1]. Прогноз социально-экономического развития Брянской области на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов разработан на вариативной основе в составе базового и консервативного вариантов. Планируется увеличение производства продукции сельского хозяйства до 165,2 млрд. рублей, индекс производства растениеводства - 100,7 процента [2, 3].

Сегодня, среди яровых зерновых ячмень занимает одно из ведущих мест при выращивании этой продовольственной и фуражной культуры. В предприятиях области собран урожай зерна в количестве 2,3 млн. тонн. Средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур по области составила 6,36 т/га, в том числе ячменя – 4,83 т/га. Продукция переработки ячменя пользуется широким спросом, как на продовольственные, так и на фуражные цели [4, 5]. При расширении спектра пестицидных препаратов, применяемых для комплексной защиты ярового ячменя (*Hordeum vulgare L.*) от сорной растительности, вредителей и болезней открываются дополнительные возможности проведения защитных мероприятий [6, 7]. По мнению некоторых ученых эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя фунгицидами и применение баковых инсектофунгицидных смесей для защиты ярового ячменя достоверно увеличивают урожайность ярового ячменя от 10 до 17,5 % и обеспечивают высокую биологическую эффективность [8, 9, 10].

Цель исследования – дать оценку биологической и экономической эффективности применения комплексной защиты агроценозов ярового ячменя при использовании препаратов фирмы «Август».

Материал и методика исследований

Полевые исследования проведены в условиях длительного стационарного опыта ФГБОУ ВО Брянский государственный аграрный университет – Брянская область, Выгоничский р-н, с. Кокино. Исследования выполнены на серых лесных среднесуглинистых почвах, сформированных на лессовидных карбонатных суглинках. Культура: яровые зерновые – ячмень, площадь опыта – 8 га. Почва опытного участка характеризуется как хорошо оккультуренная, с содержанием гумуса (3,66-3,79%), подвижных форм фосфора – 300-302 мг/кг почвы и обменного калия – 261-268 мг/кг, рН почвы – 5,5-5,7. Предшественник: картофель. Обработка почвы: вспашка с боронованием, культивация и предпосевная обработка почвы. Внесение удобрений: осенью азофоска – 400 кг/га, весной подкормка 100 кг/га аммиачной селитры. Срок посева: II декада апреля 2022-2024 гг. Семена высевали сеялкой СПУ-4,2 с междурядьями 15 см. Норма высева семян 4,5 млн. шт./га. Время появления всходов III декада апреля 2022-2024 гг. Дополнительно уход за посевами включал листовые подкормки удобрениями с микроэлементами, обработку пестицидами против сорняков, болезней и вредителей. Уборку и учет (поделяночный метод), урожая зерновых культур (ячмень) осуществляли способом прямого обмолота комбайном «Terrion».

Закладка проводились согласно общепринятым методикам. При статистической обработке пользовались методикой Б.А. Доспехова и программой SNEDECOR. Для определения урожайности применяли Методику государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Биологическую эффективность рассчитывали по Методическим указаниям по определению биологической эффективности гербицидов (2020) и Методическим указаниям по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности (2020). Учет засоренности проводили методом подсчета общего количества сорных растений и определяли их видовой состав. Учет вредителей проводили с помощью рамки размера (25x25 см), которую налагали на почву и производили подсчеты после обработки. Экономическую эффективность применения средств защиты растений рассчитывали по рекомендации А.Ф. Ченкина (1978) и использовали SWOT- анализ.

Опыт двухфакторный. **Схема опыта: Вариант 1 – (контроль)** – химзащита ярового ячменя без обработки регулятором роста; **Вариант 2** – полная химическая защита ярового ячменя (fungициды, гербициды и инсектициды).

Результаты и их обсуждение

Существенное влияние, как на рост и развитие растений, так и на развитие болезней и рост численности вредителей, оказывают региональные природно-климатические условия.

Так, в 2022 году погодные условия вегетационного периода были не совсем типичными для Брянской области и отличались крайней разбалансированностью. Периоды теплой погоды вдруг сменялись резким похолоданием, а влагообеспеченность в мае, июле и сентябре почти в 2 раза превышала средние многолетние значения (табл. 1). Это специфически сказалось на развитии не только изучаемых культур, но и вредных объектов.

Таблица 1

Характеристика метеорологических условий вегетационного периода, 2022г

Годы	Средняя дневная температура воздуха, °С					
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Май-Сентябрь
2022	15,0	19,3	17,7	19,1	8,8	16,0
Средне-многолетнее	15,5	17,8	20,2	19,9	12,4	17,2
Сумма атмосферных осадков, мм						
2022	71,0	42,1	97,1	40,5	140,1	390,8
Средне-многолетнее	38,8	55,0	65,0	82,0	64,0	304,8

В мае средняя температура была на уровне среднемноголетней, при этом осадков выпало почти в 2 раза больше нормы – 71 мм. Такая погода благоприятствовала быстрому развитию сорной растительности.

Июнь характеризовался теплой погодой с умеренным увлажнением, однако прошедшие дожди носили ливневый характер. В мае-июне проводились основные защитные мероприятия для недопущения гибели растений от вредных объектов и сохранения будущего урожая.

В июле было прохладно и дождливо. Средняя температура оказалась ниже средних многолетних значений, а количество осадков – значительно больше нормы. Такая погода способствовала распространению вредных объектов – сорняков, вредителей, болезней.

В 2023 году практически с апреля до конца лета сложилась теплая, благоприятная погода для роста и развития растений (табл. 2).

Таблица 2

Метеоданные в период вегетации растений, 2023 г.

Годы	Средняя температура воздуха, °С					
	05 мес.	06 мес.	07 мес.	08 мес.	09 мес.	Май-Сентябрь
2023	15,0	22,3	21,7	17,1	15,8	17,8
Средне-многолетнее	15,5	17,8	20,2	19,9	12,4	17,2
Сумма атмосферных осадков, мм						
2023	56,0	36,2	66,1	55,4	13,2	216,9
Средне-многолетнее	38,8	55,0	65,0	82,1	64,2	305,1
ГТК	1.3	0,6	1.0	1.1	0.3	0,9

С июня и по сентябрь 2024 года наблюдалась воздушная и почвенная засуха. Июньская засуха негативно отразилась на развитии изучаемой культуры и способствовало массовому распространению вредных объектов, об этом свидетельствуют данные ГТК, которые были ниже на 0,2 ед. (табл. 3).

Таблица 3

Метеоданные в период вегетации растений (2024 г.)

Годы	Средняя температура воздуха, °С						
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Апрель-сентябрь
2024	12,8	19,3	21,7	23,0	23,8	20,1	20,1
Средне-многолетнее	11,5	17,8	20,2	19,9	16,4	14,2	16,7
Сумма атмосферных осадков, мм							
2024	12,3	24,8	62,0	46,0	5,1	4,3	154,5
Средне-многолетнее	38,8	25,0	65,0	82,0	64,0	64,2	274,8
ГТК	0,4	0,5	1,0	0,7	0,1	0,1	0,7

Иключение составила сложившаяся природно-климатическая аномалия: – в 2024 году количество выпавших осадков за весь вегетационный период оказалось практически в 2 раза меньше к среднемноголетним данным за 2 предыдущих года. Погодные условия в вегетационный период различались количеством выпавших осадков и температурой воздуха, что отражает гидротермический коэффициент (ГТК).

Система полной химической защиты посевов ярового ячменя представлена следующими препаратами АО Фирмы «Август»: проправители – Байсайд, ВСК; Табу Нео, СК; гербициды – Балерина Супер, СЭ; Ластик Экстра, МКЭ; фунгициды – Ракурс, СК; Балий, КМЭ; инсектициды – Борей Нео, СК; регулятор роста – Регги, ВРК (табл. 4)

Применение гербицидов на яровом ячмене, 2022-2024 гг.

Наименование препарата	Норма расхода л./га, кг/га	Вредный объект	Способ и сроки обработки
Байсайд, ВСК+ Табу Нео, СК	1,5 л/т + 0,7 л/т	Виды головни, корневые гнили, злаковые мухи, хлебные блошки	Протравливание семян непосредственно перед посевом
Балерина Супер, СЭ	0,5 л/га	Однолетние и некоторые многолетние двудольные сорняки	Опрыскивание посевов в фазу кущения культуры и ранние фазы роста сорняков.
Ластик Экстра, МКЭ	1,0 л/га	Однолетние злаковые сорняки	Опрыскивание в ранние фазы роста сорняков (2-3 листа), независимо от фазы культуры
Регги, ВРК	1,0 л/га	Предотвращение полегания	Опрыскивание посевов в фазу начала выхода в трубку
Ракурс, СК	0,4 л/га	Мучнистая роса, желтая ржавчина, пиренофороз, септориоз листьев	Опрыскивание посевов при появлении первых признаков заболевания (расход рабочей жидкости -300 л/га)
Балий, КМЭ	0,8 л/га	Ржавчины, мучнистая роса, септориоз, пиренофороз	Опрыскивание посевов при появлении первых признаков заболевания (расход рабочей жидкости -300 л/га)
Борей Нео, СК (дважды)	0,2 л/га	Клоп вредная черепашка, тли, хлебные жуки, трипсы, блошки.	Опрыскивание посевов в период вегетации при проявлении вредителей
Контроль (без обработки регулятором роста)			

Примечание: метеоусловия на день обработки: пасмурно, дневная температура + 21°C, ветер 3-5 м/сек

Технология применения гербицидов: начало обработки – 15-20.05.2022-24 гг.; способ обработки – наземное опрыскивание; используемая аппаратура – ОП-2000; расход рабочей жидкости – 200 л/га; фаза развития культуры – кущение.

Вредные объекты, против которых применялись гербициды: пикульник обыкновенный, ромашка (виды), резушка таля, марь белая, горец почечуйный, метлица обыкновенная, просо куриное. Даты учета засоренности: до обработки – 15-20. 05.2022-24 гг., после обработки – 25-28.05.2022-24 гг., 06-08.06.2022-24 гг.

Фитотоксичности после применения баковой смеси препаратов на культурах не наблюдалось. После обработки биологическая эффективность препаратов составила от 90% на пикульнике, при этом, выживание пикульника зависело от фазы его развития в момент обработки до 100% у других сорняков. При 3-4 листьях растение угнеталось, но не погибало, а в некоторых случаях возобновляло рост. Сильное угнетение других сорняков наступило уже на 7-10 день после применения гербицидов, а их полная гибель на всех изучаемых культурах продолжалась в течение месяца. Усредненная биологическая эффективность в среднем за три года составила 93% (табл. 5).

**Биологическая эффективность применения гербицидов
на яровом ячмене (опытное поле Брянского ГАУ), среднее за 2022-2024 гг.**

Наименование сорняков	Препараторы: Балерина Супер, СЭ (0,5 л/га), + Ластик Экстра, МКЭ (1,0 л/га) + Регги, ВРК (1,0 л/га)				Биологическая эффективность, %	
	До обработки	Количество сорняков шт./м ²				
		На 10 день	На 20 день	Перед уборкой		
Пикульник обыкновенный	1	1у	1у	1у	90	
Ромашка (виды)	2	2у	2у	0	100	
Резушка таля	12	12у	12у	0	100	
Марь белая	2	2у	2у	1у	90	
Метлица обыкновенная	4	4у	4у	0	100	
Просо куриное	15	15у	15у	0	100	
ИТОГО	36	36у	36у	2у	93	

Примечание: у – угнетенные растения;

К моменту уборки на всей площади визуально были видны лишь несколько растений выонка полевого, которые появились уже после применения гербицидов и постепенно отрастали. Также, в нижнем ярусе, в состоянии угнетения, находились единичные растения пикульника обыкновенного и марь белой. Другой сорной растительности не наблюдалось.

Фунгицидная и инсектицидная обработка

Технология применения: протравливание семян непосредственно перед посевом – 10-12.04.2022-24 гг; опрыскивание ОП-2000 – 15-18.05.2022-24, 25-27.05.2022-24 и 19-21.06.2022-24; расход рабочей жидкости – 300 л/га; фаза развития культуры в момент обработки – начало выхода в трубку, начало колошения, колошение.

Вредные объекты: болезни – виды головни, сетчатая, темно-бурая пятнистость, ринхоспориоз; вредители – хлебные блошки, тли, клоп вредная черепашка и др.

Протравливание семян перед посевом препаратом: Байсайд, ВСК (1,5 л/га) + Табу Нео, СК (0,7 л/т) благоприятно сказалось на фитосанитарном состоянии посевов ячменя. В течение вегетации не было обнаружено никаких видов головни и корневых гнилей, а также практически отсутствовали вредители на этапе всходов.

Развитие других заболеваний полностью прерывалось своевременными фунгицидными обработками. Применение фунгицидов Ракурс, СК и Балий, КМЭ позволило не допустить распространения и развития темно-буровой, сетчатой пятнистости и ринхоспориоза, что свидетельствует о высокой результативности такой обработки. Флаговый и подфлаговый лист у зерновых сохранился в здоровом состоянии до биологической зрелости растений (табл.6).

За основной показатель в опыте по пораженности ячменя болезнями мы брали распространенность. Распространенность болезни – это количество больных растений по отношению к их общему количеству в опыте, где развитие болезни отражает усредненную степень поражения растений делянки.

Для расчета определения процентного соотношения изучаемых объектов использовали формулу: $p = (P \times 100) / N$, где p – распространенность болезни (%), P – число объектов в варианте, N – общее число объектов в варианте.

Биологическая эффективность применения фунгицидов и инсектицидов на яровых зерновых на опытном поле Брянского ГАУ. среднее за 2022-2024 гг.

Болезни, вредители	Препараты: Байсайд, ВСК (1,5 л/га) + Табу Нео, СК (0,7 л/т); Ракурс, СК (0,4 л/га) + Борей Нео, СК (0,2 л/га) и Балий, КМЭ (0,8 л/га) + Борей Нео, СК (0,2 л/га)				
	Распространение болезни, %		Биологическая эффективность, %		
	Количество насекомых, шт./м ²	До обработки	После обработки	На 10 день	На 20 день
Темно-бурая пятнистость	1,0		1,0	1,0	95
Сетчатая пятнистость	1,0		1,0	1,0	95
Ринхоспориоз	1,5		1,5	1,5	95
Злаковые муhi	11 шт./100вз.с.		0	0	100
Клоп вредная черепашка	2		0	0	100

Биологическую эффективность инсектицидов определяли путем сопоставления численности вредителей до обработки, на 10-ий, 20-ый дни после обработки и перед обработкой в процентах по формуле: С = А В А × 100, где, С – биологическая эффективность, %; А – количество вредителей до обработки; В – количество вредителей после обработки.

Применяемая система защиты ярового ячменя от сорняков, болезней и вредителей позволила получить высокую биологическую продуктивность (табл. 7).

Таблица 7

Биологическая урожайность ярового ячменя (2022-2024 гг.)

Сорт	Масса 1000 семян, г	Натура, г/л	Урожайность, т/га		
			Вариант I химзащита без обработки регулятором роста (контроль)	Вариант II полная химзащита	Прибавка (+-) к контролю
Атаман	43,2	615	4,36	4,59	0,23
Белозар	42,5	590	4,68	4,87	0,19
Эрудит	44,2	600	4,85	5,20	0,35
Милан	45,0	605	4,79	5,12	0,33
Колдун	44,6	615	5,13	5,34	0,21
Корнет	45,2	620	4,85	5,15	0,30
Рейдер	43,8	620	4,79	5,12	0,33
Эксплоер	44,2	640	5,75	6,13	0,38
Калькуль	44,8	645	5,75	6,10	0,35
Грейс	44,6	635	5,50	5,74	0,34
Среднее по опыту	44,2	557	5,05	5,36	0,31
HCP 05				0,11	

Благодаря применению инсектицидов (при проправливании и по вегетации) не наблюдалось даже малейшего повреждения растений различными вредителями. Соответственно их вредоносность была сведена к нулю и получена высокая урожайность.

Средний показатель урожайности по опыту составил 5,36 т/га, более высокие показатели сложились у сортов Эксплоер - 6,13 и Калькуль - 6,10 т/га

На контроле (вариант 1), где применяли гербициды, фунгициды и инсектициды без обработки регулятором роста, получена урожайность 5,05 т/га. Применение пестицидов (гербициды + фунгициды + инсектициды), то есть полной схемы защиты растений в 2022-2024 гг. (вариант 2) обеспечило достоверную прибавку урожая зерна ячменя (+ 0,31 т/га) и высокую продуктивность с каждого гектара в среднем за три года проведения исследований (табл. 8).

Таблица 8

Расчет достоверной прибавки по урожайности ярового ячменя, т/га

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га (+ -)
1. Контроль	5,05	-
2. Полная химзащита	5,36	0,31
HCP ₀₅	0,108	

Расчет оценки экономического эффекта применяемой химической защиты при выращивании ячменя указан в таблице 9.

Таблица 9

Экономический эффект применения химзащиты возделывания ярового ячменя

Показатель	Единицы измерения	Вариант 1 (Контроль)	Вариант 2 (Полная химзащита)
Урожайность	т/га	5,05	5,36
Рыночная цена зерна за 1 т.	тыс. руб.	15,00	15,00
Стоимость урожая с 1 га	тыс. руб.	75,75	80,40
Издержки (затраты) на 1 га	тыс. руб.	34,073	34,732
Чистый доход на 1 га	тыс. руб.	41,67	44,26
Рентабельность	%	122	127

Результаты исследований по сравнительной оценке эффективности проведения химических мероприятий на агроценозах ячменя позволили сделать вывод о том, что при внесении пестицидов фирмы «Август», которые обладают высокой биоэкономической и хозяйственной эффективностью, получены следующие результаты:

- на контроле урожайность зерна ячменя составила 5,05 т/га, в варианте 2 – 5,36 т/га;
- достоверная прибавка (+ 0,31 т/га зерна) к контролю;
- чистый доход составил 44,26 тыс. руб./га (+2,59 тыс. руб./га), а рентабельность 127% (+5 % к варианту 1).

Выводы

1. Полная система защиты ярового ячменя от сорняков, болезней и вредителей с применением препаратов: Байсайд, ВСК 1,5 л/га) + Табу Нео, СК (0,7 л/т); Ракурс, СК (0,4 л/га) + Борей Нео, СК(0,2 л/га) и Балий, КМЭ (0,8л/га) + Борей Нео, СК(0,2 л/га); Балерина Супер, СЭ (0,5 л/га), + Ластик Экстра, МКЭ (1,0 л/га) + Регги, ВРК (1,0 л/га), МКЭ; Ракурс СК (0,4 л/га); Балий, КМЭ (0,8л/га); Борей Нео, СК (0,2 л/га); Регги, ВРК (1,0 л/га) в рекомендованной дозировке, в определенные фазы развития культуры гарантировано обеспечивает биологическую эффективную защиту посевов от комплекса неблагоприятных факторов – на 100%. При этом, следует отметить, что по результатам опыта, при внесении фунгицидов и инсектицидов (Байсайд, ВСК 1,5 л/га) + Табу Нео, СК (0,7 л/т); Ракурс, СК (0,4 л/га) + Борей Нео, СК (0,2 л/га) и Балий, КМЭ (0,8л/га) + Борей Нео, СК (0,2 л/га), установлена биологическая эффективность, которая составила на 10 день после обработки – 95%, а на 20 – 100%

2. Применение регулятора роста Регги, ВРК в дозировке 1л/га и добавление к нему препарата на основе тринексапак-этила 0,2 л/га на фоне высокой обеспеченности минеральным питанием привели к частичному полеганию большинства сортов ячменя, что усложнило проведение уборки урожая и снижению эффекта его применения.

3. Полученные данные свидетельствуют о достаточно высоком уровне урожайности ячменя – 5,36 т/га и высокой экономической эффективности: «чистый доход» (+2,59 тыс. руб./га к контролю) и рентабельность – 127% (+5 к варианту 1) соответственно.

Литература

1. Сычев С.М., Бельченко С.А., Малявко Г.П. и др. Господдержка агропромышленного комплекса (на примере Брянской области, 2021-2023 гг. // Вестник Курской ГСХА. – 2024. – № 3. – С. 219-226.
2. Об одобрении прогноза социально-экономического развития Брянской области на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Брянской области от 28.10.2024 № 322-рп. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/doc/3200202411010002>.
3. Ториков В.Е., Васькин В.Ф., Дронов А.В., Васькина Т.И. Современное состояние, тенденции и проблемы производства зерна в Российской Федерации. // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2022. – № 1 (38). – С. 15-23.
4. Зотиков В.И., Грядунова Н.В. Научно-технологическое развитие растениеводства на основе взаимодействия науки, технологий и производства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 3(51). – С. 5-11. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-5-11.
5. Левакова О.В., Сокол В.Ю. Сравнительная характеристика урожайности и элементов продуктивности новых сортов ячменя ярового в условиях Рязанской области. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 4(52). – С. 189-196. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-189-196.
6. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю. и др. Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей. // Земледелие. – 2020. – № 5. – С. 41-45. ISSN 0044-3913.
7. Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Эффективность применения регулятора роста Вигор Форте в технологии возделывания ярового ячменя. [Электронный ресурс] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. – С. 44-50. – Режим доступа: <https://doi.org/10.25802/SB.2023.95.68.004>.
8. Власова Л.М., Попова О.В. Баковые инсектофунгицидные смеси для защиты ярового ячменя. [Электронный ресурс] // Защита и карантин растений. – 2024. – № 4. – С. 25-27. – Режим доступа: doi.org/10.25802/4557.2022.96.83.006.
9. Постовалов А.А., Суханова С.Ф. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя фунгицидами. [Электронный ресурс] // Вестник Новосибирского ГАУ. – 2020. – № 2 (55). – С. 42-49. – Режим доступа: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49>.
10. Власова Л.М., Попова О.В. Инсектофунгицидные композиции для обработки семян зерновых культур. // Защита и карантин растений. – 2021. – № 8. – С. 15-17.

References

1. Sychev S.M., Belchenko S.A., Malyavko G.P. et al. State support of the agro-industrial complex (on the example of the Bryansk region (2021-2023). Vestnik Kurskoi GSKhA, 2024, no. 3, pp. 219-226.
2. On the approval of the forecast of socio-economic development of the Bryansk region for 2025 and the planned the period of 2026 and 2027 [Electronic resource]: Decree of the Government of the Bryansk region dated 10/28/2024 No. 322-rp, Access mode: <http://publication.pravo.gov.ru/doc/3200202411010002>.
3. Torikov V.E., Vaskin V.F., Dronov A.V., Vaskina T.I. The current state, trends and problems of grain production in the Russian Federation. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2022, no. 1 (38), pp. 15-23.
4. Zotikov V.I., Gryadunova N.V. Scientific and technological development of crop production based on the interaction of science, technology and production. *Zernobobovye i krupyanaye kul'tury*, 2024, no. 3(51), pp. 5-11. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-5-11.

5. Levakova O.V., Sokol V.Yu. Comparative characteristics of yield and productivity elements of new varieties of spring barley in the Ryazan region. *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*, 2024, no. 4(52), pp. 189-196. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-189-196.
6. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu. et al. A modern approach to the issue of wheat protection from diseases and pests *Zemledelie*, 2020, no. 5, pp. 41-45. ISSN 0044-3913.
7. Nikiforov V.M., Nikiforov M.I., Pasechnik N.M. The effectiveness of the Vigor Forte growth regulator in the technology of spring barley cultivation [Electronic resource] *Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2022., no. 6, pp. 44-50, Access mode: <https://doi.org/10.25802/SB.2023.95.68.004>.
8. Vlasova L.M., Popova O.V. Tank insectofungicidal mixtures for the protection of spring barley [Electronic resource]. *Zashchita i karantin rastenii*, 2024, no. 4, pp. 25-27, Access mode: doi.org/10.25802/4557.2022.96.83.006.
9. Postovalov A.A., Sukhanova S.F. Effectiveness of pre-sowing treatment of spring barley seeds with fungicides [Electronic resource]. *Vestnik Novosibirskogo GAU*. 2020, no. 2 (55), pp. 42-49, Access mode: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49>
10. Vlasova L.M., Popova O.V. Insectofungicidal compositions for seed treatment of grain crops. *Zashchita i karantin rastenii*. 2021, no. 8, pp. 15-17.

ОПТИЧЕСКИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ ОТРАЖЕНИЯ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА И ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПОСЕВОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

С.Д. ВИЛЮНОВ, ORCID ID: 0000-0002-7373-5951

В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-9921-6105

Е.В. ЖУРАВЛЕВА*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
ORCID ID: 0000-0002-3253-0730

Н.А. СТЕПАНОВА, старший научный сотрудник,
ORCID ID: 0009-0005-5219-143X

М.А. ШАПОРОВА, научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0004-9928-2868

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

*РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК, МОСКВА

Аннотация. В статье рассматривается возможность оперативного получения дополнительной цифровой фенотипической информации селекционных образцов растений озимой и яровой мягкой пшеницы, с целью получения статистически значимых критериев в анализе на различия. Выявлена достоверность цифровых данных получаемых в результате обследования приборами для измерения и оценки содержания хлорофилла в листьях растений, а также раскрыта объективность анализа через различные вегетационные индексы, получаемые по цифровой фотографии посева. Установлено, что в случае фотосъемки селекционных опытов одним устройством – вегетационные индексы более объективно выявляют различия (влияние варианта прослеживается на 65...97% уровне), чем портативные хлорофиломеры (38...69%). Работа через смартфон с вегетационными индексами является более экономичной альтернативой мультиспектральным камерам и такой подход дает возможность объективно дифференцировать селекционный материал. Отмечено, что весенние показатели RGB-индексов с цифровой фотографии, способны сравнить и оценить перезимовку посевов. Обнаружено, что визуальный анализ распределения частот индексов отражения выявляет проявление фенотипических особенностей образцов, как на фоне различной пигментации разновидностей (индексы EXG, GLI, NGRDI), так и в проявлении зеленого хлорофиллового (RGBVI, VARI) пигмента, характеризующего фотосинтез.

Ключевые слова: вегетационные индексы, селекция, селекционные образцы, фенотипирование, анализ цифровых изображений.

Для цитирования: Вилюнов С.Д., Сидоренко В.С., Журавлева Е.В., Степанова Н.А., Шапорова М.А. Оптические вегетационные индексы отражения как один из методов мониторинга и цифровизации селекционных посевов мягкой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):145-158 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-145-158

OPTICAL VEGETATION REFLECTION INDICES AS ONE OF THE METHODS OF MONITORING AND DIGITALIZATION OF BREEDING CROPS OF SOFT WHEAT

S.D. Vilyunov, V. S. Sidorenko, E.V. Zhuravleva*, N.A. Stepanova, M.A. Shaporova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

* RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, Leninskii prosp., 14, Moscow

Abstract: The article considers the possibility of quickly obtaining additional digital phenotypic information from breeding samples of winter and spring soft wheat plants in order to obtain statistically significant criteria in the analysis of differences. The reliability of digital data obtained as a result of examination by devices for measuring and evaluating the chlorophyll content in plant leaves has been revealed, as well as the objectivity of analysis through various vegetation indices obtained from digital photographs of crops. It was found that in the case of photographing breeding experiments with one device, vegetation indexes more objectively reveal differences (the effect of the variant can be traced to 65...97% higher) than portable chlorophylometers (38...69%). Using a smartphone with vegetation indexes is a more economical alternative to multispectral cameras, and this approach makes it possible to objectively differentiate breeding material. It is noted that the spring RGB indices from digital photography are able to compare and evaluate the overwintering of crops. It was found that visual analysis of the frequency distribution of reflection indices reveals the manifestation of phenotypic features of the samples, both against the background of different pigmentation of varieties (EXG, GLI, NGRDI indices) and in the manifestation of green chlorophyll (RGBVI, VARI) pigment characterizing photosynthesis.

Keywords: vegetation indexes, breeding, breeding samples, phenotyping, digital image analysis.

Введение

Использование фотосинтетически активной радиации (ФАР) растением – выступает одним из основных факторов продуктивности растений и специфично в своем проявлении у различных видов растительности за вегетацию. Так же достоверные различия отмечают и на фенотипически однородных сортах, как в динамике, так и в конкретные фазы развития растений [1, 2]. Показатель ФАР отражает процесс роста и служит биометрическим показателем, который достаточно просто фиксировать, как для отдельных частей растения, так и на поле, в общем посеве. Данные по его динамике могут быть использованы в разработке алгоритмов управления продуктивностью растений в агроценозе. В последние годы для этих целей активно используют портативные приборы быстрого измерения и оценки содержания хлорофилла в листьях растений. Хлорофилломеры (N-тестеры) показывают коэффициент содержания хлорофилла в ткани листьев на основе пересчета пропускания спектра двух электромагнитных волн, где одна волна компенсирует различия механического характера (разную толщину ткани) при поглощении другой хлорофиллом. А соотношения спектрального отражения нескольких электромагнитных волн с фотосинтезирующими поверхностями в агроценозе позволили сформулировать множество вегетационных индексов, характеризующих растительный покров. Самый известный из них – нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI (normalized difference vegetation index), сформулированный как соотношение между разницей в красном и инфракрасном излучении, с их суммой. Этот индекс посредством спектрального канала NIR, невидимого для человека, компенсирует влияние интенсивности других оптических каналов от зенитного угла Солнца. В последние годы для оценки содержания зеленого хлорофилла и других пигментов разработано более 150 вегетационных индексов отражения для разных условий. Кроме этого еще больше существует спектральных индексов отражения для оценки неживых объектов. Каждый из них позволяет учитывать специфику развития, фотосинтетическую активность, накопленную биомассу в различные фазы развития растений, что позволяет дистанционно анализировать состояние растительного покрова и оценивать продуктивность сельского и лесного хозяйства, следить за изменениями климатических условий и динамикой различных экосистем. [3, 4, 5].

Физика процесса основана на том, что живые растения отражают излучение в ближней инфракрасной спектральной области, куда приходится примерно половина всей поступающей солнечной энергии. Это вызвано тем, что энергия фотонов с длиной волны более 700 нм (инфракрасное, тепловое излучение) слишком мала для синтеза органических молекул. Соответственно, поглощение на этих длинах волн привело бы к перегреву клеток растений, излишнему расходу влаги и, возможно, к повреждению тканей. В то же время высокоэнергичные фотоны с длиной волны 190...280 нм (ультрафиолетовое излучение типа

УФ-С/UVC) даже в маленьких дозах вызывают разрушение белка, липидов и фотосинтетических пигментов в клетках листьев, что приводит к их гибели. При этом наблюдали и нелетальные эффекты воздействия ультрафиолетовыми лучами типа УФ-А/UVA (320...400 нм, 95% всего ультрафиолета солнечного излучения), вызывающие изменение морфологии и формирующие более кустистые и компактные формы, с массивными, мясистыми листьями. Так же отмечено, что кратковременное воздействие умеренными дозами УФ-А и УФ-В (280...320 нм) в сочетании с синим спектром стимулирует фотосинтез, хотя и зависит от вида растения и условий облучения. В целом же растениями для процесса фотосинтеза используется спектр от 400 до 700 нм, в синем (400...500 нм, 2,6...2,8 эВ) и красном (600...700 нм, 1,7...2,0 эВ) спектре, пик приходится на 445 и 660 нм. Однако у зеленого света и близкого к нему желтого (500...600 нм, 2,19...2,48 эВ) тоже прослеживается важная роль в общем формировании продуктивности растения. Зеленый свет проникает глубже, к нижним листьям, и в более глубокие слои листа, куда не долетают ни красный, ни синий, стимулируя и активируя большее количество хлоропластов, что актуально и для находящихся в тени растений. Фиксация показателей уровня поглощения растениями различного спектрального излучения в течение вегетации через вегетационные индексы на основе видимого спектра RGB (от 380 до 780 нм) позволяет прогнозировать урожайность посевов [6, 7, 8]. Но в селекционном процессе на продуктивность и адаптивность к зоне возделывания этот фенотипический признак слабо задействован, так как для работы с малыми селекционными делянками посевов (менее 1...10 кв.м) потомств отдельных растений необходима съемка с высоким разрешением дорогостоящим мультиспектральным оборудованием. Ранее нами выявлено, что динамика проявления показателей вегетационных индексов, на основе NIR-канала, включая RGB-индекс зеленых листьев GLI, позволяет выделять уникальность в селекционных образцах единого гибридного происхождения, не отличимых по визуальным фенотипическим признакам, что позволяет включать вегетационные индексы в фенотипирование селекционного материала и оценку по качеству перезимовки сортообразцов озимых культур. То есть, включение RGB индексов отражения, получаемых с фотографии можно включать в комплексную оценку селекционного материала. Однако, использование таких фотографий требует определенных навыков сбора, обработки и анализа цифровых данных [8, 9].

Цели исследования – провести анализ объективности цифровых характеристик фотосинтезирующей активности селекционных посевов мягкой пшеницы, получаемых с различных портативных устройств с целью их применения в селекционном процессе. Выявить возможность получения достоверных показателей вегетационных индексов с цифровых фотографий посевов с целью фенотипирования селекционных образцов мягкой пшеницы

Условия, материалы и методы

В исследовании использовали данные, полученные с делянок (площадь учетной делянки 10 кв.м.) конкурсного испытания озимых и яровых зерновых культур ФНЦ ЗБК (2025 г). Особенностью полевых опытов озимых культур была осень 2024 г., которая характеризовалась засушливостью, за сентябрь выпало всего 10 мм осадков (по данным сайта www.pogodaiklimat.ru) при норме 57 мм, семена долго не прорастали и растения кустились только весной 2025 г. (рис. 1).

Для измерения содержания хлорофилла в листьях были сняты показания двумя различными портативными измерителями хлорофилла – CCM-200 plus (дата – 25.06.2025) и SPAD-502Plus (дата – 27.06.2025). Методика измерения приборами включала замер по центру флагового листа у пяти удаленных (10...30 см) друг от друга растений одной делянки. N-Тестеры определяют относительное количество присутствующего количества хлорофилла измерением оптической плотности листа в двух диапазонах длин волн, вследствие поглощения в красном (R, 600...700 нм) и ближней инфракрасной области (NIR, 740...1400 нм.). Используя два показателя спектрального поглощения, устройство рассчитывает числовое значение, пропорциональное хлорофиллу (прямая зависимость), содержащемуся в листе.

Одновременно проводили пятикратную съемку варианта на два смартфона (Xiaomi Redmi Note 9 Pro и Xiaomi Mi A2). Настройки смартфонов были типовые, обусловленные их техническими характеристиками. Съемку соответствующей делянки вели горизонтально к поверхности, на расстоянии 30...40 см от растений.

Статистическую обработку цифровых данных проводилась в MS Excel надстройкой Agcstat «С/Х статистика, ФГБНУ ФНЦО». Расчет и графическую визуализацию вегетационных индексов с полученных фотоматериалов выполняли в программной среде на языке Python 3 с применением библиотеки для работы с растровой графикой PIL (Python Imaging Library) и NumPy (Numerical Python). Все обрабатываемые фотоматериалы (RGB – исходное цветное изображение) предварительно преобразовывали к стандартному разрешению 600000...1000000 пикселей на фотографию (не более 1000×1000), в зависимости от оригинала. В исследовании при обработке трех основных каналов (R – красный канал; G – зеленый канал; B – синий канал) и дополнительного серого (Grey – микширование RGB в серый цвет) были получены соответствующие вегетационные индексы: EXG – избыточный индекс зеленого (EXcess Green index); GLI (VDVI) – индекс зеленых листьев (Green Leaf Index) или вегетационный индекс разницы в видимом диапазоне (Visible-band Difference Vegetation Index); RGBVI – красный-зеленый-синий вегетационный индекс (Red-Green-Blue Vegetation Index); NGRDI – нормализованный разностной зеленый красный индекс (Normalized Green-Red Difference Index); TGI – триангулярный вегетационный индекс зелёности листьев (Triangular Greenness Index).

Результаты и обсуждение

Оптические индексы растительности, основанные на цветовом пространстве RGB, были рассчитаны путем объединения нескольких цветовых каналов (рис.1, 2), в соответствии со спектральными характеристиками растительности по формулам вегетационных индексов.

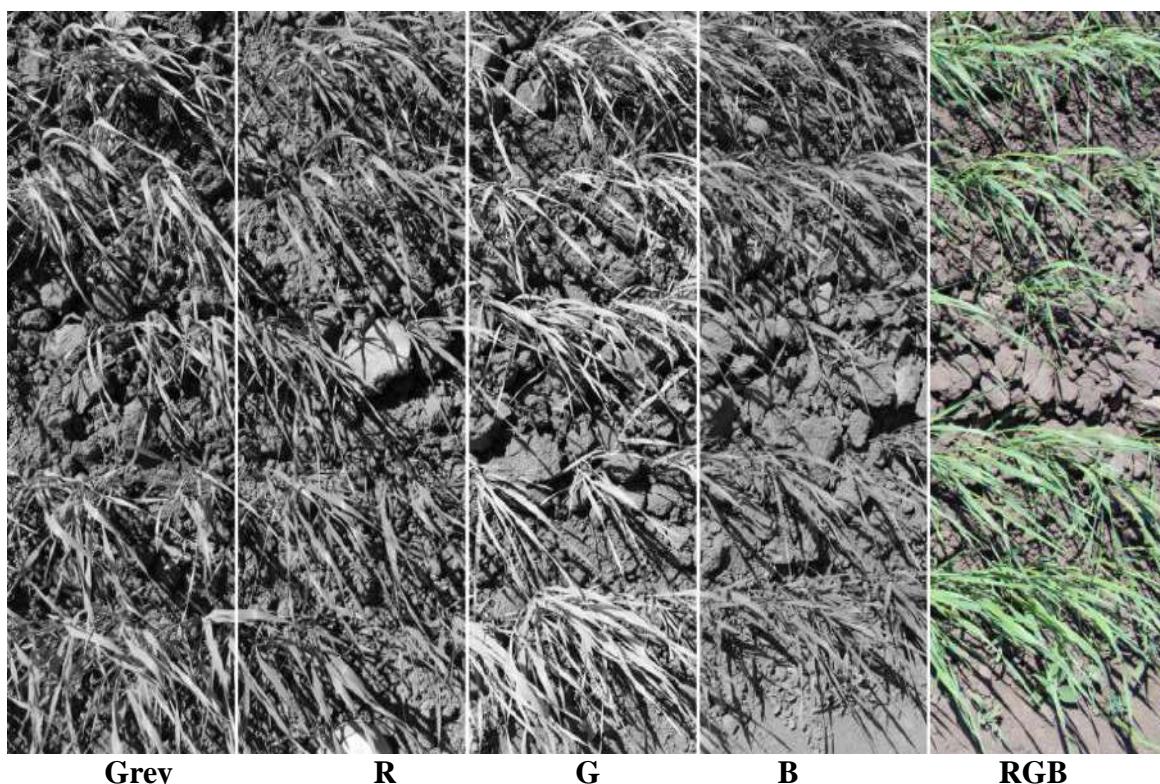
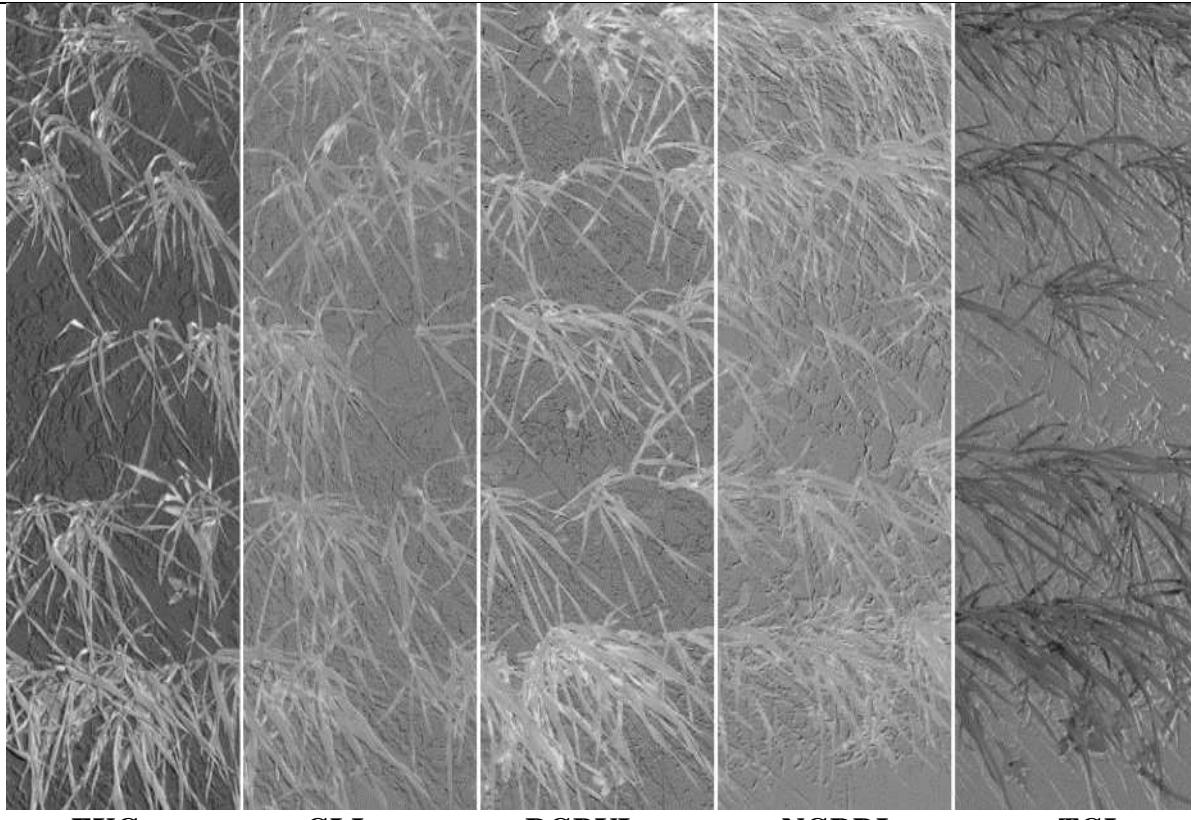


Рис. 1. Визуализация RGB каналов фотографии зеленых растений озимой мягкой пшеницы в фазе кущения с элементами почвы, ФГБНУ ФНЦ ЗБК, 2025 г.



EXG	GLI	RGBVI	NGRDI	TGI
$\mu = 0,0947$	$\mu = 0,0383$	$\mu = 0,0648$	$\mu = 0,0309$	$\mu = -2,1837$
$\sigma^2 = 0,0315$	$\sigma^2 = 0,0098$	$\sigma^2 = 0,0282$	$\sigma^2 = 0,0132$	$\sigma^2 = 40,3362$

Рис. 2. Визуализация различных вегетационных индексов, полученных с RGB фотографии озимой пшеницы в фазе кущения, ФНЦ ЗБК, 2025 г.

Анализируя рисунок 2 в сравнении с рисунком 1, можно судить о значительном сглаживании оптическими индексами контрастного фона не живых (не зеленых) объектов в виде почвы в градациях базовых цветов RGB. Это хорошо прослеживается и в распределении частоты показателей отдельных цветовых каналов и индексов (рис. 3).

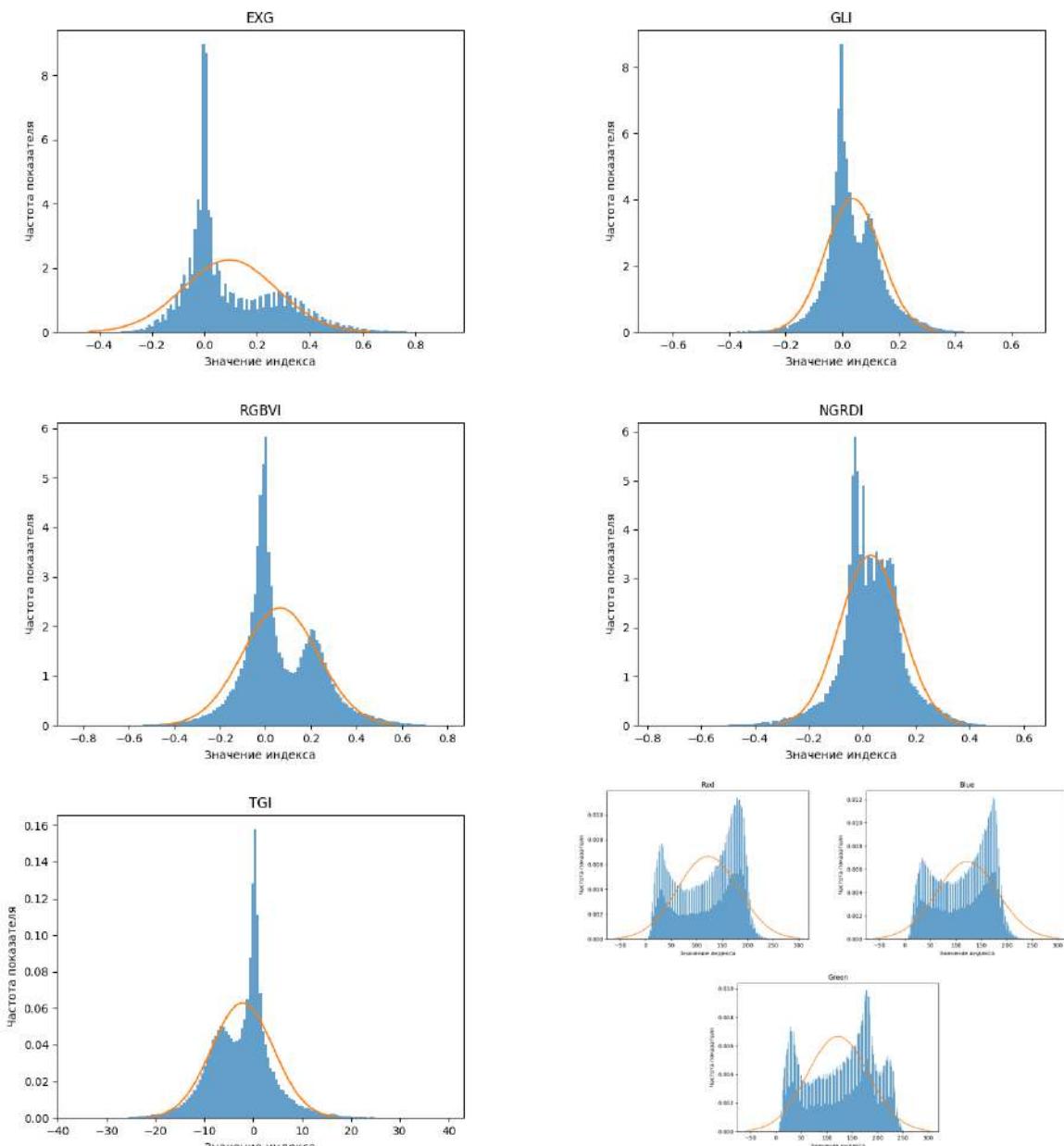


Рис. 3. Распределение показателей частоты различных вегетационных индексов и RGB каналов, полученных по цветной фотографии озимой пшеницы в фазе кущения, в сравнении с нормальным распределением, ФНЦ ЗБК, 2025 г.

Оптические индексы слаживают на изображении посева перепады частот проявления объектов не растительного происхождения (почва). Кроме анализа селекционного материала, этот подход можно применять в алгоритмах машинного зрения, при формировании пиксельных зон растительности, вычленяя не вегетирующие объекты. Из наглядного представления частот проявления величины индекса следует, что цветовые каналы (рис. 3, Red, Green, Blue) и вегетационные индексы (рис. 3, EXG, GLI, RGBVI, NGRDI и TGI) имеют два пика в своем распределении и связаны с фенотипическими особенностями зеленых растений и черной почвы. Наложение двух градаций, нормально распределенных цветовых величин (зеленых вегетирующих растений и других цветовых объектов), позволяет разбить общее нормальное распределение показателей индексов на группы со своими средними и дисперсиями для оценки интенсивности развития растений.

В целях изучения объективности анализа распределения показателей частоты для сплошного массива вегетирующих растений, при фенотипировании селекционных линий RGB-индексами, была обработана общая фотография делянок образцов озимой мягкой

пшеницы, отличающихся цветовой гаммой их разновидностей (рис. 4). Разновидности эритроспермум (*Erytrospermum* – неопушённый, остистый, белого цвета и остистыми отростками колос) и ферргинеум (*Ferrugineum* – неопушённый, остистый, с красным цветом колоса и остистых отростков) в фазе налива отличаются цветом. В этой фазе растения еще фотосинтезируют, но уже имеют проявление уникальной индивидуальной окраски. Для изучения сглаживания чувствительности к отражению синего спектра в анализ был включен дополнительный индекс устойчивости к видимой атмосфере VARI (Visible Atmospherically Resistant Index).

Анализ цветовых значений пикселей выявил, что RGB каналы имеют нормальное гауссово распределение с характерным разбросом частот, при наличии небольшого отклонения от средней величины. В то же время, на некоторых индексах отмечено значительное смещение максимальной частоты от среднего значения, что вызвано преобладанием на снимке одной разновидности культуры (*Ferrugineum* – правые две делянки, рис. 4). Откуда RGB-индексы можно использовать в привязке к уникальному цветовому признаку. Но исследователю важна не только уникальность сортового посева, отличающегося тонкими цветовыми градациями, вследствие присутствия цветовых пигментов и антоциана, но имеет значение и зеленая визуальная компонента, характеризующая уровень хлорофилла в растении и, соответственно, продуктивность. Вегетативные индексы VARI и NGRDI показали более выразительное совмещение с нормальным распределением их величин, с одновременной контрастной визуализацией разновидностей (рис. 4), при равномерном проявлении отражения зелёного спектра фотосинтезирующими растениями. Кроме того, индекс VARI, в своем среднем значении, имел частичную дифференциацию, то есть индекс более универсален и объективно улавливает интенсивность отражения зеленого спектра с меньшей дифференциацией на другие окраски.

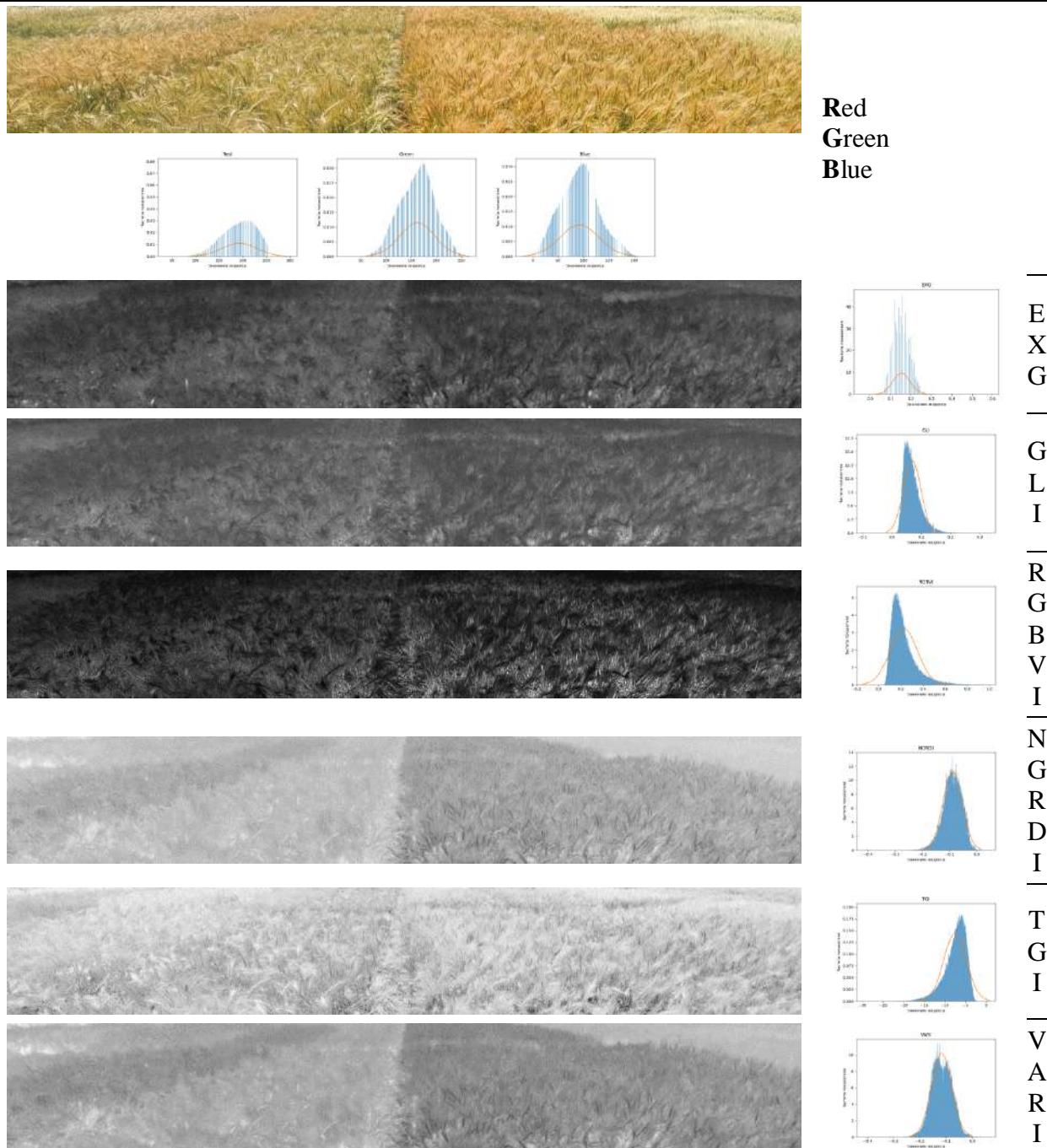


Рис. 4. Делянки озимой мягкой пшеницы (разновидность *Erytrospermum* и *Ferrugineum*) в деляночном массиве, RGB-оригинал и визуализация вегетационных индексов с распределением частот их проявления в сравнении с нормальным распределением, ФНЦ ЗБК, 08.07.2025 г.

В фазе цветения и налива на шести фенотипически различных селекционных образцах озимой мягкой пшеницы был осуществлен замер уровня хлорофилла двумя различными портативными приборами (табл. 1): CCM-200 plus и SPAD-502 Plus.

Характеристики показателей сортообразцов и дисперсионный анализ данных портативных хлорофилломеров на селекционных делянках озимой мягкой пшеницы, ФНЦ ЗБК, 2025 г.

№	Сортообразец	Среднее		Дисперсия		Ошибка		Точность, %	
		CCM-200 plus	SPAD-502Plus	CCM-200 plus	SPAD-502Plus	CCM-200 plus	SPAD-502Plus	CCM-200 plus	SPAD-502Plus
1	Мильтурум*	23,88	46,48	4,62	5,95	0,96	1,09	4,02	2,35
2	Тимирязевская одностебельная *	37,92	46,96	64,10	30,03	3,58	2,45	9,44	5,22
3	Аквамарин*	34,70	50,26	20,06	18,28	2,00	1,91	5,77	3,80
4	Скипетр*	42,18	54,94	58,37	8,01	3,42	1,27	8,10	2,30
5	Лютесценс 132*	48,14	49,88	23,36	20,81	2,16	2,04	4,49	4,09
6	Аквамарин**	38,88	50,88	22,02	6,89	2,10	1,17	5,40	2,31
Корреляция		0,55							
Прибор	Сред.	Fфакт при Fтабл ₀₅ =2,7	Ош. сп.	Точ. опыта, %	НСР 05	Влияние фактора, %			
						Случ.	Вар-та	Повт.	
CCM-200 plus	37,62	11,33	2,42	6,42	7,15	24,08	68,21	7,71	
SPAD-502Plus	49,90	3,30	1,69	3,38	4,99	47,85	39,42	12,73	

Примечание: *) Рядовой посев; **) Широкорядный посев

Коэффициент корреляции Пирсона между показаниями разных приборов по уровню хлорофилла проявил умеренное значение $r= 0,56$. Проведенный дисперсионный анализ выявил существенные различия вариантов и наличие сортовой специфики. А содержание хлорофилла позволили определить образцы, имеющие уникальные индивидуальные значения на 95% уровне значимости. Можно также сделать вывод, что умеренный коэффициент корреляции между средними значениями приборов и существенное влияние случайных факторов (24...48%) требует обязательность определенного навыка при снятии показаний.

Одновременно со снятием показаний приборов была осуществлена съемка двумя разными смартфонами Xiaomi Mi A2 и Xiaomi Redmi Note 9 Pro, в целях получения RGB-вегетационных индексов (рис. 5, табл. 2).



Xiaomi Mi A2 (3000 x 4000 pix)



Xiaomi Redmi Note 9 Pro(2088 x 4640 pix)

Рис. 5. Пример фотографий с разных смартфонов озимой мягкой пшеницы сорта Аквамарин в фазе начала налива, ФНЦ ЗБК 27.06.2025 г.

Таблица 2

Характеристики показателей вегетационных индексов сортообразцов и дисперсионный анализ данных обработки фотоматериала с селекционных делянок озимой мягкой пшеницы, ФНЦ ЗБК, 2025 г.

№	Сортообразец	Среднее EXG		Среднее GLI		Среднее VARI		Среднее RGBVI	
		Устр.1	Устр.2	Устр.1	Устр.2	Устр.1	Устр.2	Устр.1	Устр.2
1	Мильтурум*	0,29	0,37	0,30	0,34	0,24	0,24	0,57	0,62
2	Тимирязевская одностебельная*	0,25	0,24	0,25	0,22	0,19	0,21	0,51	0,43
3	Аквамарин*	0,14	0,25	0,12	0,20	0,27	0,31	0,24	0,38
4	Скипетр*	0,23	0,32	0,24	0,25	0,22	0,28	0,47	0,46
5	Лютесценс 132*	0,26	0,26	0,23	0,20	0,21	0,23	0,44	0,38
6	Аквамарин**	0,17	0,18	0,16	0,13	0,21	0,16	0,32	0,25
Корреляция между устройствами		0,62		0,75		0,71		0,74	
Факт при Fтабл ₀₅ =2,7		210,18	216,42	110,43	411,73	10,81	30,62	144,49	388,03
Ош. ср.		0,004	0,005	0,006	0,003	0,010	0,007	0,010	0,006
Точ. опыта, %		1,72	1,68	2,87	1,55	4,65	3,07	2,44	1,46
НСР ₀₅		0,011	0,013	0,018	0,010	0,030	0,022	0,031	0,02
Влияние, %	Повторений	2,269	2,207	1,471	1,946	10,796	2,758	0,908	2,15
	Вариантов	95,91	96,02	95,09	97,11	65,11	86,01	96,42	96,85
	Случайное	1,83	1,77	3,44	0,94	24,10	11,23	2,67	0,99

Примечание: *- Рядовой посев; **- Широкорядный посев; Устр.1 - Xiaomi Mi A2 и Устр.2 - Xiaomi Redmi Note 9 Pro

Анализируя полученные значения индексов (табл. 2), можно сделать вывод, что влияние специфики вариантов значительно (более 90 %, на большинстве вегетационных индексов). Таким образом, RGB-индексы более объективно позволяют зафиксировать

В то же время умеренно-сильная корреляция полученного индекса между устройствами предполагает включение в объективный анализ получение данных только с одного устройства. В целях проверки этого предположения была проведена дополнительная одновременная съемка места делянки с 4 разных устройств: Смартфон Apple iPhone 15, Смартфон Xiaomi Mi 8, Смартфон Xiaomi Mi A2 и Фотоаппарат Canon EOS 600D Kit. (рис. 6, табл. 3).

Несмотря на очень сильную положительную связь между различными индексами по устройствам ($r=0,99\dots0,99$), в проявлении RGB-индексов отмечена очень высокая вариация (29…79 %). Что подтверждает включение в фенотипический анализ данных вегетационных индексов отражения, полученных только с одного устройства, через оригинальные, не подвергшиеся дополнительной обработке фотографии.



Рис. 6. Пример разной цветопередачи при одновременной съемке одного места селекционной делянки яровой мягкой пшеницы в фазе начала налива на разные устройства, ФНЦ ЗБК 18.07.2025 г.

Таблица 3

Величины вегетационных индексов RGB и их корреляция между разными устройствами при съемке одного места посева яровой мягкой пшеницы, ФНЦ ЗБК, 18.07.2025 г.

Марка Устройства	GLI	NGRDI	VARI	EXG	RGBVI	TGI
Xiaomi Mi A2	0,012	0,071	0,158	0,139	0,196	-6,761
Xiaomi Mi 8	0,029	0,100	0,147	0,308	0,352	-13,381
Apple iPhone 15	0,018	0,191	0,499	0,301	0,371	-12,479
Canon EOS 600D Kit	0,012	0,067	0,113	0,205	0,257	-9,224
Вариация, %	29,05	53,84	78,92	33,85	27,90	29,11
Корреляционная матрица	Xiaomi Mi A2	Xiaomi Mi 8	Apple iPhone 15	Canon EOS 600D Kit		
Xiaomi Mi A2	1					
Xiaomi Mi 8	0,9999	1				
Apple iPhone 15	0,9999	0,9997	1			
Canon EOS 600D Kit	0,9999	0,9999	0,9997	1		

В то же время многие авторы отмечают, что для формирования более объективной характеристики индексов в RGB-пространстве необходимо провести нормирование [11], то есть получать RGB-индексы уже после предварительной обработки снимков в цветовом пространстве HSV (Hue, Saturation, Value). В зоне HSV цвета формируются на основе трёх компонентов: оттенка (тип цвета), насыщенности (его интенсивность) и значения (его яркость) [11, 12], при этом S и V отвечают за «количество» белого и черного в конкретном цвете и имеют умеренную корреляционную связь. А так как значения полученных индексов

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. (см. табл. 3), имеют сильную линейную зависимость между разными устройствами, необходимо исходный фотоматериал подвергать цветовой коррекции. Показатели вегетационных RGB-индексов основаны на линейной регрессии в пространстве HSV через коррекцию насыщенности и яркости $Sy = f(Sx, Vx)$ и оттенка цвета $Vy = f(Sx, Vx)$ [12, 13]. Откуда аппроксимируя оригинальные фотоматериалы через эталонные белые и черные цвета, можно получать единые величины с любых фотокамер. Это раскрывается вариацией вегетационных индексов одного места посева с разных устройств и имеющих прямую регрессионную зависимость (табл. 3, $r=0,99$).

Заключение

Характеристики вегетационных индексов отражения, полученных с фотографии, в большей степени отражают фенотипическую уникальность сортообразца в посеве ($r=0,62...0,75$, влияние варианта 65,1...97,1%), чем прибор-хлорофилломер ($r=0,56$ между приборами, влияние варианта 39,4...68,2%).

В анализе на фенотипические отличия селекционных образцов следует задействовать данные, полученные с одного и того же устройства (показатели портативного хлорофилломера, вегетационные индексы с необработанных фотографий с камеры смартфона).

Анализ распределения частот значений вегетационных RGB-индексов по цифровой фотографии выявил дифференциацию здоровой растительности и неживых объектов.

Визуальные фенотипические различия селекционных образцов (различная пигментация разновидностей озимой пшеницы) фиксируется вегетационными индексами (EXG, GLI, NGRDI) при стабильном проявлении зеленого хлорофиллового (RGBVI, VARI) пигмента фотосинтезирующих растений.

Существует возможность стандартизировать показания вегетационных индексов, полученных по фотографиям разных устройств, посредством цветовой коррекции через аппроксимацию значений RGB пикселей в других цветовых пространствах.

Работа выполнена за счет средств Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур по теме государственного задания № FGZZ-2024-0003 «Цифровое фенотипирование зерновых и крупяных культур в селекционном процессе на высокую продуктивность и качество». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Литература

1. Шабалдас О.Г., Есаулко А.Н., Власова О.И. и др. Фотосинтетическая активность посевов сои в зависимости от сорта в условиях Центрального Предкавказья. // Земледелие. – 2022. – № 8. – С. 31-34. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-31-34.
2. Сурин Н.А, Липшин А.Г., Плеханова Л.В. и др. Фотосинтетическая продуктивность пшеницы в условиях светокультуры, имитирующих свето-температурный режим региона культивирования. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 4. – С. 8-12. DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/8-12.
3. Kurbanov R.K., Zakharova N.I. Application of vegetation indexes to assess the condition of crops // Agricultural Machinery and Technologies. – 2020. Vol. 14. No. 4. – P. 4-11. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11.
4. Маневич П.П., Антошин В.В., Коликов К.С. Вегетационные и почвенные индексы для спутникового мониторинга земель в районах открытой разработки угля // Горная промышленность. – 2025. – № 1. – С. 118-122. DOI: 10.30686/1609-9192-2025-1-118-122.
5. Monitoring of *Heracleum sosnowskyi* Manden Using UAV Multisensors: Case Study in Moscow Region, Russia / R. K. Kurbanov, A. N. Dalevich, A. S. Dorokhov [et al.] // Agronomy. – 2024. – Vol. 14, No. 10. – P. 2451. – DOI: 10.3390/agronomy14102451.
6. Щербенок С.В., Лисина Т.Н., Елисеев С.Л. и др Влияние УФ-А на некоторые морфометрические и биохимические показатели растений-регенерантов картофеля. //

7. Гретченко А.Е., Михайлова М.П., Блинова А.А. Применение ультрафиолетового облучения для предпосевной обработки семян сои. // Агронавка. – 2025. – Т. 3. № 1. – С. 22-27. DOI: 10.24412/2949-2211-2025-3-1-22-27.
8. Вилюнов С. Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С. и др. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3 (43). – С. 73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83.
9. Аюрганаев А.А., Ильин Ю.М., Содномов Б.В., Вилюнов С.Д. Влияние высоты съемки и зенитного угла Солнца на вегетационные индексы пшеницы по данным БПЛА. // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 5 (206). – С. 12-18. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-12-18.
10. The use of vegetation indices in comparison to traditional methods for assessing overwintering of grain crops in the breeding process / R. Kurbanov, N. Zakharova, V. Sidorenko, et al. // Advances in Artificial Systems for Power Engineering II: Conference proceedings, Москва, 17-19 декабря 2021 года. Vol. 119. M.: Springer Nature Switzerland AG, – 2022. – Р. 52-64. DOI: 10.1007/978-3-030-97064-2_6.
11. A New Remote Sensing Desert Vegetation Detection Index / Zh. Song, Yu. Lu, Z. Ding [et al.] // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15, No. 24. – Р. 5742. – DOI: 10.3390/rs15245742.
12. Кулакова А. Д. Галкин В.А., Макаренко А.В. Анализ методов цветовой калибровки изображений с использованием цветовых пространств rgb и hsv в задачах интеллектуального машинного зрения (на примере изображений, получаемых в условиях промышленных теплиц). // Управление большими системами: сборник трудов. – 2022. – № 97. – С. 87-107. DOI: 10.25728/ubs.2022.97.5.
13. Abdalla A., Cen H., et al. Color calibration of proximal sensing RGB images of oilseed rape canopy via deep learning combined with K-means algorithm // Remote Sensing. – 2019, – 11, 3001. DOI: 10.3390/rs11243001.

References

1. Shabaldas O.G., Esaulko A.N., Vlasova O.I. et al. Photosynthetic activity of soybean crops depending on the variety in the conditions of the Central Pre-Caucasus. *Zemledelie*, 2022, no. 8, pp. 31-34. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-31-34. (In Russ.)
2. Surin N.A., Lipshin A.G., Plekhanova L.V. et al. Photosynthetic productivity of wheat in light-culture conditions that mimic the light-temperature regime of the cultivation region. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2021, no. 4, pp. 8-12. DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/8-12. (In Russ.)
3. Kurbanov R.K., Zakharova N.I. Application of vegetation indexes to assess the condition of crops. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. No. 4. Pp. 4-11. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11.
4. Manevich P.P., Antoshin V.V., Kolikov K.S. Vegetatsionnye i pochvennye indeksy dlya sputnikovogo monitoringa zemel' v raionakh otkrytoi razrabotki uglya. *Gornaya promyshlennost'*. 2025, no. 1, pp. 118-122. DOI: 10.30686/1609-9192-2025-1-118-122. (In Russ.)
5. Kurbanov R. K., Dalevich A. N., Dorokhov A. S. [et al.] Monitoring of Heracleum sosnowskyi Manden Using UAV Multisensors: Case Study in Moscow Region, Russia. *Agronomy*. 2024, Vol. 14, no. 10, pp. 2451. DOI: 10.3390/agronomy14102451.
6. Shcherbenok S.V., Lisina T.N., Eliseev S.L. et al. Vliyanie UF-A na nekotorye morfometricheskie i biokhimicheskie pokazateli rastenii-regenerantov kartofelya. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2024, Vol. 25, no. 4, pp. 592-601. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.4.592-601. (In Russ.)
7. Gretchenko A.E., Mikhailova M.P., Blinova A.A. Primenie ul'trafioletovogo obлучeniya dlya predpoveznoi obrabotki semyan soi. *Agronauka*, 2025, Vol. 3, 1. S. 22-27. DOI: 10.24412/2949-2211-2025-3-1-22-27. (In Russ.)
8. Vilyunov S.D., Zotikov V.I., Sidorenko V.S. et al. Primenie vegetatsionnykh indeksov v selektsii ozimoi myagkoi pshenitsy. *Zernobobovye i krupyanaye kul'tury*, 2022, no. 3 (43), pp. 73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83. (In Russ.)

-
9. Ayurzhanaev A.A., Il'in Yu.M., Sodnomov B.V., Vilyunov S.D. Vliyanie vysoty s"emki i zenitnogo ugla Solntsa na vegetatsionnye indeksy pshenitsy po dannym BPLA. *Vestnik KrasGAU*. 2024, no. 5 (206), pp. 12-18. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-12-18. (In Russ.)
 10. Kurbanov R., Zakharova N., Sidorenko V., et al. The use of vegetation indices in comparison to traditional methods for assessing overwintering of grain crops in the breeding process. [Advances in Artificial Systems for Power Engineering II: Conference proc., 17-19 Dec., 2021. Vol. 119. Moscow], *Springer Nature Switzerland AG*, 2022, pp. 52-64. DOI: 10.1007/978-3-030-97064-2_6.
 11. Song Zh., Lu Yu., Ding Z. [et al.] A New Remote Sensing Desert Vegetation Detection Index. *Remote Sensing*. 2023, Vol. 15, no. 24, p. 5742. - DOI: 10.3390/rs15245742.
 12. Kulakova A.D., Galkin V.A., Makarenko A.V. Analiz metodov tsvetovoi kalibrovki izobrazhenii s ispol'zovaniem tsvetovykh prostranstv rgb i hsv v zadachakh intellektual'nogo mashinnogo zreniya (na primere izobrazhenii, poluchennykh v usloviyakh promyshlennykh teplits). *Upravlenie bol'shimi sistemami*: proceed., 2022, no. 97, pp. 87-107. doi: 10.25728/ubs.2022.97.5. (In Russ.)
 13. Abdalla A., Cen H., et al. Color calibration of proximal sensing RGB images of oilseed rape canopy via deep learning combined with K-means algorithm. *Remote Sensing*. 2019, 11, 3001. doi: 10.3390/rs11243001.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ К КОМПЛЕКСУ ПАТОГЕНОВ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

П.Н. МАЛЬЧИКОВ, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-2141-6836

М.Г. МЯСНИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-7224-0308

Т.В. ЧАХЕЕВА, младший научный сотрудник,
ORCID ID: 0000-0002-9328-473X

САМАРСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБУН ФИЦ САМАРСКИЙ НЦ РАН

Аннотация. В Среднем Поволжье листовые болезни и корневые гнили твердой пшеницы в отдельные годы по своей вредоносности не уступают последствиям сильной засухи. Наиболее эффективный способ борьбы с ними – возделывание устойчивых сортов. Эффективность селекции к этим патогенам зависит от наличия в распоряжении селекционера разнообразного устойчивого исходного материала. Изучение 65 образцов коллекции сортов российской и иностранной селекции проведено в Самарском НИИСХ в 2022-2025 гг. на делянках 5,0 м², в трех повторениях. Оценку иммунного статуса генотипов проводили по общепринятым методикам с определением типа иммунности и степени поражения мучнистой росой и желтой ржавчиной, степени поражения пиренофорозом и корневыми гнилями. Эффекты взаимодействия генотип/патоген и стабильность устойчивости к комплексу патогенов изучены по методике А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой. Для селекции на устойчивость к мучнистой росе, пиренофорозу, корневым гнилям отобрано соответственно 17, 8, 30, 22 образца. Сорта Ядрица, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, G5863 включены в рабочую коллекцию для селекции сортов с комплексной устойчивостью.

Ключевые слова: твердая пшеница, фузариоз, альтернариоз, стеблевая ржавчина, устойчивость, коллекция.

Для цитирования: Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Чахеева Т.В. Устойчивость яровой твёрдой пшеницы к комплексу патогенов в Среднем Поволжье. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):159-168 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-159-168

RESISTANCE OF SPRING DURUM WHEAT TO A COMPLEX PATHOGENES IN THE MIDDLE VOLGA REGION

P.N. Malchikov, M.G. Myasnikova, N.V. Chakheeva

SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – A BRANCH OF THE SAMARA FEDERAL RESEARCH CENTRE OF THE RAS

Abstract: In the Middle Volga region, foliar diseases and root rots of durum wheat can sometimes be as damaging as severe drought. The most effective way to combat them is by cultivating resistant varieties. The effectiveness of breeding for these pathogens depends on the availability of a diverse and resistant source material. A study of 65 accessions from a collection of Russian and foreign varieties was conducted at the Samara Research Institute of Agriculture in 2022-2025 on 5,0 m² plots, in triplicate. The immune status of the genotypes was assessed using standard methods, determining the type of immunity and the degree of damage to powdery mildew and yellow rust, as well as the degree of damage to pyrenophorosis and root rot. The effects of

genotype/pathogen interactions and the stability of resistance to a complex of pathogens were studied using the method of A.V. Kilchevsky and L.V. Khotyleva. Seventeen, eight, thirty, and twenty-two accessions, respectively, were selected for breeding resistance to powdery mildew, pyrenophora, and root rot. The following varieties were included in the working collection for breeding varieties with complex resistance: Yadritsa, Bezenchukskaya 205, Marina, Bezenchukskaya 210, Oasis, Bezenchukskaya Krepost, Triada, Alazar, Bezenchukskiy Variant, Bezenchukskaya Parallel, and G5863.

Keywords: durum wheat, fusarium, alternaria, stem rust, resistance, collection.

Введение

Среднее Поволжье, где производится качественное зерно твердой пшеницы, характеризуется резкоконтинентальным климатом, с частыми и вредоносными засухами, значительно снижающими урожайность и качество зерна [1,2,3]. Также к факторам, в значительной степени дестабилизирующим урожайность в регионе, относятся инфекции патогенов мучнистой росы (*Blumeria graminis* (DC) E.O.Speerf.sp.*tritici* E.J.Marchal), листовых пятнистостей (фузариозная – *Monographella nivalis* (Schaffnit) E.Muller, желтая – *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., темно-бурая – *Cochlobolus sativus* Drechs. Ex Dastur), корневых гнилей (*Fusarium* sp., *Dr.teres*, *Bipolaris sorokiniana*). Локальные повреждения растений в течение XX и в первом десятилетии XXI века стеблевой (*Puccinia graminis* Pers.f. sp.*tritici* Eriks.) и желтой ржавчиной (*Puccinia striformis* Westend f.sp.*tritici*), в последние годы стали перерастать в эпифитотии. Потери от распространения патогенов в эпифитотийные годы от достижимой урожайности, исходя из биоклиматических и технологических ресурсов конкретного региона возделывания пшеницы, могут достигать уровня вредоносности от действия сильной засухи, т.е. составить 50,0%-80,0% [3]. Селекция устойчивых сортов осложняется разнообразием патогенных видов и быстрой сменой расового состава. В связи с этим целесообразно вести селекцию на устойчивость и слабую восприимчивость к региональным комплексам патогенов (консортные патологические системы), вредоносность которых отличается от вредоносности отдельных видов патогенов [4]. Актуальны исследования, направленные на поиск исходного материала устойчивого, или слабовосприимчивого к некоторым видам патогенов.

Цель исследований – провести на естественном инфекционном фоне поиск устойчивых и слабовосприимчивых образцов твердой пшеницы российской и иностранной селекции к комплексу патогенов, распространенных в Среднем Поволжье.

Материал и методика

Работа выполнена в 2022-2025 гг. в Самарском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН, расположенному в регионе Среднего Поволжья в центральной зоне Самарской области. Почвы опытного участка представлены черноземом обыкновенным, среднемощным, среднесуглинистым с содержанием гумуса – 4,1%, подвижного фосфора – 200 мг/кг, обменного калия – 150 мг/кг, легкогидролизуемого азота – 7,4 мг, сумма поглощенных оснований – 26,6-31,1 мг-экв. /100 г почвы, рН солевой вытяжки – 6,8-7,2. Метеорологические условия вегетации в годы изучения были контрастными. Наиболее благоприятным был 2022 год, гидротермический коэффициент за вегетацию составил 1,19 единиц и был оптимальным в течение вегетации. Экстремальные условия сложились в 2024 году, ГТК по фазам развития варьировал от 0,00 до 0,42. Условия 2023 года можно отнести к годам с близкой к среднемноголетним показателям динамикой метеорологических факторов. Благоприятным по температурному режиму в период от трубкования до полной спелости был 2025 год. Естественный инфекционный фон по годам формировался следующими патогенами: 2022 год – мучнистая роса и пиренофороз; 2023 год – мучнистая роса; 2024 год – корневые гнили (*Fusarium* sp., и *Alternaria* sp.); 2025 год – желтая ржавчина, мучнистая роса и листовые пятнистости. В 2024 году фенотипическую оценку поражения сортов корневыми гнилями проводили глазомерно по количеству погибших растений в период всходы – кущение и увядших растений в последующие периоды вегетации, общую оценку поражения выражали в процентах. Родовая принадлежность патогенов определялась на основе анализа клеточной структуры мицелия, выращенного из растительного материала, взятого из

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. пораженных тканей и помещенных на питательную среду. Оценка развития мучнистой росы, желтой ржавчины, пятнистостей листьев (тип иммунности, степень поражения) проведена в фазы цветения (пятнистости, мучнистая роса) и молочной спелости (желтая ржавчина) по общепринятым методикам [5, 6, 7].

Объектами изучения были две коллекции сортов яровой твердой пшеницы. Первая сформирована из 42 образцов российской селекции, вторая состояла из 24 короткостебельных сортов иностранной селекции: 15 из Италии, 4 из Австралии, 2 из Австрии, 1 из Турции и 1 из СИММЫТ. Экспериментальные делянки с учетной площадью 5,0 м², размещали реномизированно в трех повторениях. На опытном поле применялась зональная агротехника. Предшественник – чистый пар, предпосевная обработка почвы и посев выполнялись в оптимальные сроки. Влияние факторов генотипа, патогена и их взаимодействия на величину комплексной устойчивости определяли методом двухфакторного дисперсионного анализа. Для вычисления этих параметров оценки, иммусорта с полным иммунитетом – R, были переведены в цифровой эквивалент с минимальным значением, за которое была принята единица. Исходными данными для дисперсионного анализа были оценки степени поражения образцов. Они же были использованы для расчета параметров стабильности и селекционной ценности генотипов по А.В.Кильчевскому, Л.В.Хотылевой (1997), что позволило судить о степени комплексной устойчивости к группе патогенов. В целях упрощения интерпретации средней устойчивости к группе патогенов она была представлена обратной величиной, рассчитанной, как разница между цифрой 100 и степенью поражения листьев (U+V_i), т.е. в цифре устойчивые сорта оценивались большей величиной. Для выделения и идентификации сортов по общей адаптивности (устойчивости), стабильности и селекционной ценности генотипов весь набор сортов был разделен на 8 групп. Это число было рассчитано путем вычисления корня квадратного из числа наблюдений. Величину интервала – верхнюю и нижнюю границы группы определяли по формуле: $i = (X_{\max} - X_{\min}) / \text{число групп}$ [8]. По этой методике, среди изученных образцов, были отобраны из двух первых групп генотипы, сочетающие высокую общую адаптивность (устойчивость) – (U+V_i), относительную стабильность (S_{gi}) и селекционную ценность (СЦГ_i).

Результаты и обсуждения

Тип иммунности и степень поражения листовой поверхности патогенами в период 2022-2025 гг., приведен в таблице 1.

Таблица 1

Устойчивость сортов к патогенам мучнистой росы, пиренофорозу, корневым гнилям, желтой ржавчине

Происхождение	Оригинатор	Поражение патогенами по годам					
		2022		2023	2024	2025	
		Мучн. роса, тип. %	Пирено-фороз, %	Мучн. роса, тип. %	Корн. гнили, %	Желтая ржавчина	Мучн. роса, тип. %
Российские сорта и селекционные линии							
Хоросан	Triticum turanicum	4/20	20,0	4/5	10	R	4/15
Мелянопус 69	Краснокут.СС	4/30	35,0	4/5	10	3	4/7,5
Харьк. 46	УИИРСиГ	4/5	40,0	4/3	15	7,5	4/10
Без. 139	Сам. НИИСХ	4/10	40,0	4/5	15	10	4/15
Алтайская нива	ФГБНУ ФАНЦА	4/15	20,0	4/5	20	10	4/7,5
Без. 182	Сам. НИИСХ	4/5	37,5	4/3	7,5	10	4/7,5
Cap. золотистая	НИИСХ Юго-Востока	4/40	17,5	4/5	7,5	30	4/20
20							

Валентина	НИИСХ Юго-Востока	3/5	27,5	R	10	25	R	20
Алтайский янтарь	ФГБНУ ФАНЦА	4/30	15,0	4/5	7,5	20	3/2	1
Вольнодонская	Ростов. АНЦ	4/25	40,0	R	7,5	20	4/12,5	20
Без.я степная	Сам. НИИСХ	4/15	32,5	4/5	10	10	4/20	1
Памяти Чеховича	Сам. НИИСХ	4/20	17,5	4/7,5	5	10	4/30	1
Жемчужина Сибири	Омский АНЦ	4/10	25,0	R	11	25	R	10
Аннушка	НИИСХ Юго-Востока	4/20	35,0	2-4/3	20	27,5	4/10	25
Без.205	Сам. НИИСХ	R	12,5	R	10	20	R	10
Краснокутка 13	Крас.СС	4/30	30,0	4/5	20	15	4/20	10
Салют Алтая	ФГБНУ ФАНЦА	R	40,0	R	40	3	3/3	1
Марина	Сам. НИИСХ	4/10	17,5	4/3	10	7,5	4/10	1
Донская элегия	Ростов АНЦ	4/25	40,0	2-4/3	25	6	4/5	15
Николаша	НИИСХ Юго-Востока	3/5	27,5	4/5	35	3	R	12,5
Без. нива	Сам. НИИСХ	2/3	30,0	2-4/3	10	20	3/3	20
Луч 25	НИИСХ Юго-Востока	R	35,0	R	20	5	R	10
Без.210	Сам. НИИСХ	4/15	17,5	4/3	7,5	7,5	4/7,5	5
Без. золотистая	Сам. НИИСХ	4/40	12,5	4/7,5	5	10	4/20	1
Оазис	ФГБНУ ФАНЦА	4/10	20,0	4/5	10	10	4/7,5	1
Без. крепость	Сам. НИИСХ	R	22,5	R	7,5	17,5	R	17,5
Ясенка	НЦ зерна им. П.П. Лукьяненко	4/10	22,5	4/5	7,5	7,5	4/20	1
Триада	Сам. НИИСХ	R	20,0	R	20	7,5	4/7,5	7,5
Таганрог	ООО Агролига	R	30,0	R	5	27,5	R	10
Ядрица	НИИСХ Юго-Востока	2/3	22,5	3/3	15	R	R	1
Тамара	НИИСХ Юго-Востока	4/20	30,0	4/5	15	3	4/17,5	1
Без. юбилейная	Сам.НИИСХ	4/20	10,0	4/5	8,5	5	4/30	1
Без. подарок	Сам. НИИСХ	4/15	25,0	4/3	10	7,5	4/12,5	1
Алазар	Сам. НИИСХ	2/3	17,5	2-4/3	10	17,5	3/3	1
1941д-19	Сам. НИИСХ	4/15	35,0	4/3	7,5	10	4/5	1
1916д-14	Сам. НИИСХ	4/10	22,5	4/7,5	6	10	4/20	1
Без.вектор	Сам. НИИСХ	4/10	17,5	4/5	5	7,5	4/30	1
Без. параллель	Сам. НИИСХ	4/10	27,5	4/5	4	R	4/12,5	1
2034д-41	Сам. НИИСХ	4/20	12,5	4/5	12,5	3	4/30	1
2158д-4	Сам. НИИСХ	R	20,0	R	7,5	30	3/3	12,5
2084д-6	Сам. НИИСХ	4/5	20,0	4/5	5	12,5	4/10	1
Без.210	Сам. НИИСХ	4/15	17,5	4/5	5	10	4/7,5	1
2465д-3	Сам. НИИСХ	R	20,0	2/3	15	7,5	4/30	10
2442д-2	Сам. НИИСХ	R	25,0	R	8,5	37,5	R	15

Иностранные сорта								
Hyperno	Австралия	R	40,0	R	8,5	7,5	R	12,5
Tammoroi	Австралия	4/5	40,0	R	20	7,5	4/3	12,5
Linie 5046(Nax1)	Австралия	R	40,0	4/3	50	4/7,5	4/3	30
Linie 53188	Австралия	4/6	20,0	4/3	7,5	7,5	4/30	10
usd232N	Италия	R	27,5	4/3	40	R	R	7,5
usd142N	Италия	R	12,5	R	30	R	4/5	5
DLPM-54	Италия	R	50,0	4/5	30	R	R	7,5
PIETROFITIA	Италия	R	60,0	4/5	30	10	R	12,5
Бурбон	Италия	R	32,5	4/5	25	R	R	1
G58272	Италия	R	30,0	4/3	17,5	R	4/3	1
G5863	Италия	R	20,0	R	22,5	R	3/5	1
512(италия)	Италия	R	50,0	2-3/3	80	R	4/5	5
Без.210	Сам. НИИСХ	4/10	15,0	4/3	7,5	12,5	4/12,5	12,5
513(Италия)	Италия	R	50,0	R	70	R	4/5	10
usd-63	Италия	4/5	12,5	R	70	R	R	1
557 rissa	Турция	4/10	35,0	4/5	70	R	4/17,5	1
(22)canel 08	CIMMYT	4/5	30,0	4/5	30	12,5	4/7,5	40
isd 19	Италия	R	25,0	4/3	80	15	4/17,5	17,5
isd 21	Италия	4/5	32,5	4/5	55	25	4/10	20
isd 22	Италия	R	17,5	R	30	7,5	R	7,5
Achille	Италия	R	20,0	R	55	3	R	10
Дурофлаус	Австрия	R	10,0	3/3	50	5	R	7,5
Дуромакс	Австрия	R	10,0	2-3/3	30	7,5	R	15
Количество групп устойчивости			8		8			8
Интервал между группами, %			7,5		7,0			5,0
Значения образцов первой группы	R-2-3/5	10,0-17,5%	R-2-3/5	4,0-11,0%	R-5,0%	R-2-3/5	1,0-6,0%	

Стабильная в течение 3-х лет устойчивость к мучнистой росе на уровне иммунитета, реакции сверхчувствительности, или образования пустул с типом иммунности 2-3 балла, установлена для следующих сортов: Безенчукская 205, Безенчукская крепость, Безенчукская нива, Алазар, 2158Д-4, 2442Д-2, Таганрог, Луч-25, Валентина, Ядрица, Hyperno, ISD-22, Achille, G58272, G5863, Duroflaus, Duromaks.

Устойчивыми, т.е. включенными в первую из 8 групп по степени поражения пиренофорозом, за два инфекционных года были 10 сортов: Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская 210, Алазар, Безенчукский вектор, Алтайский янтарь, USD-142N, USD-63.

По устойчивости к корневым гнилям в первой группе с поражением 4,0-11,0% идентифицировано 30 генотипов: Хоросан, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская нива, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Безенчукская юбилейная, Безенчукский подарок, Алазар, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, Безенчукский вариант, 1941Д-19, 1916Д-4, 2034Д-41, 2158Д-4, 2442Д-2, Мелянопус 69, Саратовская золотистая, Алтайский янтарь, Оазис, Вольнодонская, Ясенка, Таганрог, Hyperno, L53188.

Устойчивыми к желтой ржавчине в диапазоне от иммунитета – R до 5,0% поражения листовой поверхности с типом иммунности -2-4, были следующие сорта: Хоросан, Безенчукская юбилейная, Безенчукская параллель, 2034Д-41, Луч-25, Тамара, Николаша,

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
Мелянопус 69, Салют Алтая, Донская элегия, Ядрица, USD232N, USD142N, DLPM-54, G58272, G5863, 512, 513, USD 63, Achille, 557rissa, Дурофлаус.

Все, вышеприведенные сорта целесообразно использовать в качестве исходного материала в соответствии с их иммунным статусом по каждому патогену в селекции твердой пшеницы в Среднем Поволжье.

Для определения в исследуемой популяции наличия генотипов устойчивых или слабовосприимчивых к нескольким патогенам, данные полевых оценок сортов по степени поражения (в %) всеми патогенами были обработаны методом двухфакторного дисперсионного анализа (табл. 2).

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа комплекса сорт-патоген, 2022-2025 гг.

Источник варьирования	SS	Критерий Фишера	HCP _{0,5}	Доля в общей дисперсии, %
Общее	17576,1	-	-	100,0
Сорта	1600,3	94,1*	0,376	9,2
Патогены (инфекционные нагрузки)	5684,7	3678,2*	0,122	32,3
Взаимодействие сорт-патоген	10143,5	10143,5*	0,996	57,7
Остаточное	147,6	-	-	0,8

Они показывают, что эффекты всех трех компонентов варьирования (сорт, патоген, и их взаимодействие) были значимы. Доля влияния сорта составила 9,2%, это означает, что в сортовой популяции имеется значимая дифференциация генотипов по количественным оценкам устойчивости / восприимчивости к двум или более патогенам (инфекционным нагрузкам). Значительный вклад в общую дисперсию взаимодействия сорт-патоген указывает на преобладание в сортовой популяции образцов с высокой устойчивостью к одному и сильной восприимчивостью к другому патогену.

Результаты изучения параметров адаптивности комплексной устойчивости сортов, её стабильности и селекционной ценности представлены в таблице 3.

Таблица 3

Параметры адаптивности, стабильности и селекционной ценности комплексной устойчивости генотипов

Сорт	100- (U+V _i)	$\sigma^2(G*E)_{gi}$	σ_{CAC_i}	l_{gi}	S_{gi}	$C\Gamma G_i$
Хоросан (Камут)	88,8	53,1	6,4	1,3	7,2	65,4
Мелянопус 69	84,6	106,3	12,1	0,7	14,3	40,5
Харьковская 46	86,7	30,2	11,9	0,2	13,8	43,2
Безенчукская 139	85,0	23,8	10,9	0,2	12,9	45,1
Алтайская нива	88,4	4,1	5,8	0,1	6,5	67,4
Безенчукская 182	89,5	42,3	11,6	0,3	13,0	47,13
Саратовская золотистая	80,0	235,7	11,6	1,8	14,5	37,7
Валентина	87,2	83,0	10,7	0,7	12,2	48,3
Алтайский янтарь	88,5	147,1	10,0	1,5	11,3	51,9
Вольнодонская	82,0	98,3	12,2	0,7	14,8	37,6
Безенчукская степная	86,6	48,8	9,8	0,5	11,3	50,9
Памяти Чеховича	87,0	149,3	9,3	1,7	10,7	52,9
Жемчужина Сибири	88,1	54,5	9,2	0,6	10,4	54,6

Аннушка	79,9	50,0	10,1	0,5	12,7	43,0
Безенчукская 205	92,1	56,2	6,3	1,4	6,8	69,1
Краснокутка 13	81,4	44,5	8,7	0,6	10,7	49,7
Салют Алтая	87,3	111,0	18,3	0,3	21,0	20,5
Марина	91,6	12,7	4,0	0,8	4,3	77,1
Донская элегия	83,0	51,3	13,2	0,3	15,9	34,9
Николаша	87,3	43,7	12,8	0,3	14,7	40,5
Безенчукская нива	87,3	61,9	10,1	0,6	11,6	50,4
Луч 25	89,6	21,6	12,3	0,1	13,8	44,6
Безенчукская 210	91,0	27,0	3,8	1,9	4,2	77,2
Безенчукская золотистая	86,3	253,4	12,5	1,6	14,5	40,6
Оазис	90,9	11,7	4,6	0,6	5,0	74,3
Безенчукская крепость	90,3	58,2	8,5	0,8	9,4	59,2
Ясенка	89,5	47,3	7,0	1,0	7,8	64,1
Триада	90,8	-5,0	7,0	-0,1	7,7	65,2
Таганрог	89,2	104,1	12,2	0,7	13,6	44,8
Ядрица	93,4	-4,2	7,8	-0,1	8,3	65,0
Тамара	86,9	44,8	9,9	0,5	11,4	50,8
Безенчукская юбилейная	88,6	164,6	9,5	1,8	10,7	54,1
Безезенчукский подарок	89,4	22,2	7,2	0,4	8,0	63,2
Алазар	92,1	27,4	6,2	0,7	6,7	69,7
1941д-19	89,1	46,3	11,0	0,4	12,3	49,0
1916д-14	89,0	58,1	6,7	1,3	7,6	64,5
Безенчукский вектор	89,1	125,2	9,2	1,5	10,3	55,6
Безенчукская параллель	91,3	45,4	8,6	0,6	9,4	59,9
2034д-41	88,0	142,7	9,6	1,5	11,0	52,8
2158д-4	89,3	109,5	10,3	1,0	11,6	51,6
Безенчукский вариант	91,6	31,7	5,2	1,2	5,7	72,7
Безенчукская-210	91,3	43,8	4,6	2,1	5,0	74,6
2465д-3	87,6	86,0	9,5	1,0	10,8	53,0
2442д-2	87,3	170,8	13,7	0,9	15,6	37,5
Нурено	89,8	65,1	13,4	0,4	14,9	40,9
Tamaroi	87,3	31,5	13,1	0,2	15,0	39,4
Linie 5046 (Nax2)	80,8	198,6	20,0	0,5	24,8	7,6
Linie 53188	88,0	101,5	8,8	1,3	10,0	55,8
usd232N	88,4	80,0	15,3	0,3	17,3	32,6
usd142N	92,1	37,8	9,9	0,4	10,8	55,9
DLPM-54	86,4	126,3	18,7	0,4	21,7	18,1
PIETROFITIA	82,9	187,9	21,1	0,4	25,4	6,1
Бурбон	90,5	29,7	12,9	0,2	14,2	43,5
G58272	91,9	8,2	10,7	0,1	11,7	52,8
G5863	92,6	0,4	8,9	0,0	9,6	60,2
512(№Италия)	79,3	604,4	31,3	0,6	39,5	-34,9
Безенчукская-210	89,6	41,7	1,6	1,5	1,8	83,6
513(№ Италия)	80,3	442,7	28,1	0,6	35,0	-22,1
usd 63	86,9	452,0	25,2	0,7	29,0	-5,0
557rissa	80,1	365,6	24,8	0,6	31,0	-10,5
(22)canel 08	81,4	130,4	13,9	0,7	17,1	30,5

ISD19	77,3	481,4	26,4	0,7	34,1	-19,0
ISD 21	78,2	145,8	17,6	0,5	22,5	14,1
ISD22	90,6	25,4	10,2	0,2	11,3	53,3
Аккилле	87,0	214,5	19,5	0,6	22,4	16,0
Дурофлаус	88,9	193,5	17,1	0,7	19,2	26,5
Дуромакс	90,4	65,6	9,7	0,7	10,7	55,1
Средние	87,4	107,0	11,8	0,7	13,7	44,4
Границы первой группы	>93,0	-5,0-75,9	3,8-7,2	-	1,8-6,8	>71,0
Границы второй группы	89,9-92,9	-	7,3-10,7	-	6,9-11,9	56,0-70,9-

Корреляционный анализ значений устойчивости, взаимодействия генотип/патоген, специфической адаптивности, линейности ответа генотипа на патогены, относительной стабильности и селекционной ценности генотипа, показал отсутствие значимых взаимосвязей линейности с устойчивостью, стабильностью и селекционной ценностью (табл. 3, 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между признаками устойчивости, взаимодействия генотип среда (патоген), специфической и относительной стабильностью, линейностью ответа на патогены и селекционной ценностью генотипа по устойчивости к комплексу патогенов

Параметр	100- (U+V _i)	$\sigma^2(G^*E)_{gi}$	σSAC_i	l_{gi}	S_{gi}	$C\Gamma G_i$
100-(U+V _i)	1					
$\sigma^2(G^*E)_{gi}$	-0,64**	1				
σSAC_i	-0,67**	0,84**	1			
l_{gi}	0,07	-0,01	-0,27	1		
S_{gi}	-0,76**	0,62**	1,00**	-0,25	1	
$C\Gamma G_i$	0,93**	-0,41*	-0,90**	0,18	-0,92**	1

*значимо на уровне 5%, **значимо на уровне 1,0%

В связи с этим параметр линейности ответа генотипа был исключен из последующего обсуждения результатов. Все остальные параметры были взаимосвязаны на 1,0 и 5,0% уровне. Взаимосвязь показывает, что поиск перспективных источников с комплексной устойчивостью к группе патогенов целесообразно проводить по сочетанию параметров максимальной выраженности средней устойчивости с максимальными значениями селекционной ценности и минимальными значениями, характеризующими взаимодействие генотип/патоген, специфической адаптивности, относительной стабильности.

При интерпретации полученных данных выделили по две (за исключением вариансы взаимодействия генотип/патоген – $\sigma^2(G^*E)_{gi}$) наиболее устойчивые и стабильные группы сортов по каждому параметру.

В первую группу по устойчивости к комплексу патогенов (100-U+V_i) с величиной >93,0 вошел только один сорт – Ядрица. Вторая группа (89,9-92,9) представлена 15 сортами: Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, Дуромакс, usd142N, G58272, G5863, isd-22, Бурбон.

Параметры вариансы взаимодействия генотип/патоген $\sigma^2(G^*E)_{gi}$ отличались сильной вариабельностью по сортам, поэтому здесь была выделена только одна группа сортов с низкими величинами взаимодействия (-5,0-75,9) в которую вошли 36 генотипов: Хоросан, Харьковская 46, Безенчукская 139, Алтайская нива, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Жемчужина Сибири, Аннушка, Безенчукская 205, Крвснокутка 13, Марина, Донская элегия,

Николаша, Безенчукская нива, Луч-25, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Ясенка, Триада, Ядрица, Тамара, Безенчукский подарок, Алазар, 1941Д-19, 1916Д-14, Безенчукская параллель, Безенчукский вариант, Нураго, Tamaroi, isdN142, G58272, G5863, usd22, Дуромакс.

Параметр σ_{SAC_i} , характеризующий специфическую адаптивную способность, показывает степень изменчивости устойчивости сорта ко всему спектру патогенов. Он отличается от параметра $\sigma^2(G^*E)_{gi}$ тем, что при его вычислении не используются средние значения устойчивости всей популяции сортов по каждому патогену и по опыту в целом. Сорта с меньшими значениями можно отнести к генотипам с низкой вариабельностью, т.е. близким откликом на внедрение всех видов патогенов, - либо высокие устойчивость/восприимчивость, либо средний уровень поражения. В первую группу сортов с низкими значениями σ_{SAC_i} включены 12 генотипов: Хоросан, Алтайская нива, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Ясенка, Триада, Безенчукский подарок, Алазар, 1916Д-14, Безенчукский вариант. Во вторую группу вошли 22 образца: Алтайский янтарь, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Жемчужина Сибири, Аннушка, Краснокутка 13, Безенчукская нива, Безенчукская крепость, Ядрица, Тамара, Безенчукская юбилейная, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, 2034Д-41, 2158Д-4, 2465Д-3, Line 53188, usd142N, G5863, isd-22, Дуромакс.

Относительная стабильность (S_{gi}) характеризует соотношение между специфической адаптивностью σ_{SAC_i} и средним значением признака устойчивости – параметр (100- $U+V_i$). Этот показатель аналогичен коэффициенту вариации, чем ниже значение, тем выше стабильность. В первую группу включены 7 сортов: Алтайская нива, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Алазар, Безенчукский вариант. Вторая группа сформирована из 25 генотипов: Хоросан, Алтайский янтарь, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Жемчужина Сибири, Краснокутка 13, Безенчукская нива, Безенчукская крепость, Ясенка, Триада, Ядрица, Тамара, Безенчукская юбилейная, Безенчукский подарок, 1916Д-14, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, 2034Д-41, 2158Д-58, 2465Д-3, Line 53188, G58272, G5863, isd-22, Дуромакс.

Селекционная ценность генотипа СЦГ_i интегральный параметр, учитывающий среднюю устойчивость, специфическую и относительную адаптивность. Очевидно, что чем выше значения устойчивости и чем меньше варианса специфической адаптивности, тем выше значения СЦГ_i. В первую группу с самой высокой СЦГ_i (>71,0) включены 4 сорта: Безенчукская 210, Безенчукский вариант, Оазис, Марина. Вторая группа сортов объединила 12 сортов: Хоросан, Алтайская нива, Безенчукская 205, Безенчукская крепость, Ясенка, Триада, Ядрица, Безенчукский подарок, Алазар, 1916Д-14, Безенчукская параллель, G5863.

Генотипы, вошедшие в первые 2 группы по всем параметрам устойчивости и стабильности, включены в группу исходного материала с максимальной выраженностью комплексной устойчивостью к наиболее вредоносным патогенам твердой пшеницы в Среднем Поволжье. К ним относятся: Ядрица, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, G5863.

Заключение

В качестве исходного материала в селекции твердой яровой пшеницы в Среднем Поволжье целесообразно использовать на устойчивость **к мучнистой росе сорта и линии**: Безенчукская 205, Безенчукская крепость, Безенчукская нива, Алазар, 2158Д-4, 2442Д-2, Таганрог, Луч-25, Валентина, Ядрица, Нураго, ISD-22, Achille, G58272, G5863, Duroflaus, Duromaks; **к пиренофорозу**: Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская 210, Алазар, Безенчукский вектор, Алтайский янтарь, USD-142N, USD-63; **к корневым гнилям**: Хоросан, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская нива, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Безенчукская юбилейная, Безенчукский подарок, Алазар, Безенчукский вектор, Безенчукская параллель, Безенчукский вариант, 1941Д-19, 1916Д-4, 2034Д-41, 2158Д-4, 2442Д-2, Мелянопус 69, Саратовская золотистая, Алтайский янтарь, Оазис, Вольнодонская,

Ясенка, Таганрог, Нурено, L53188; **к желтой ржавчине:** Хоросан, Безенчукская юбилейная, Безенчукская параллель, 2034Д-41, Луч-25, Тамара, Николаша, Мелянопус 69, Салют Алтая, Донская элегия, Ядрица, USD232N, USD142N, DLPM-54, G58272, G5863, 512, 513, USD 63, Achille, 557rissa, Duroflaus.

В селекции сортов с комплексной устойчивостью ко всем изученным патогенам перспективным исходным материалом являются: Ядрица, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская 210, Оазис, Безенчукская крепость, Триада, Алазар, Безенчукский вариант, Безенчукская параллель, G5863.

Литература

1. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов. – 2001. – 124 с.
2. Вьюшков А.А. Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. Самара. – 2004. – 223 с.
3. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Селекция яровой твердой пшеницы в Средневолжском регионе. //Самара.: Издательство Самарского федерального исследовательского центра РАН. – 2024. – 300 с.
4. Вилкова Н.А. Иммунитет растений к вредным организмам и его биоценотическое значение в стабилизации агроэкосистем и повышении устойчивости растениеводства. // Вестник защиты растений. – 2000. – №2. – С. 3-15.
5. Кремнева О.Ю., Волкова Г.В. Диагностика и методы оценки устойчивости пшеницы к возбудителю желтой пятнистости листьев. // Методические рекомендации. Москва. – 2007. – 20 с.
6. Бабаянц Л.Т., Мештерхази А., Вехтер Ф. и др. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах – членах СЭВ. // Прага. – 1988. – 321 с.
7. Кошибаев М. Болезни пшеницы. ISBN 978-92-5-130142-5. ФАО. Анкара. – 2018. – 365 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос. – 2014. – 336 с.

References

1. Vasil'chuk N.S. Seleksiya yarovoj tverdoy pshenitsy [Breeding of spring durum wheat], 2001, Saratov, 124p. (In Russian)
2. V'yushkov A.A. Seleksiya yarovoj pshenitsy v Srednem Povolzh'ye [Breeding of spring wheat in the Middle Volga region], 2004, Samara, 223p. (In Russian)
3. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Seleksiya yarovoj tverdoy pshenitsy v Srednevolzhskom regione [Breeding of spring durum wheat in the Volga region], 2024, Samara, Izdatel'stvo Samarskogo federal'nogo issledovatel'skogo tsentra RAN, 300p. (In Russian)
4. Vilkova N.A. Immunitet rasteniy k vrednym organizmam i yego biotsenoticheskoye znacheniye v stabilizatsii agroekosistem i povysheniya ustoychivosti rasteniyevodstva [Immunity of plants to harmful organisms and its biocenotic significance in stabilizing agroecosystems and increasing the sustainability of crop production], Vestnik zashchity rasteniy. 2000. no.2, pp.3-15. (In Russian)
5. Kremneva O.YU., Volkova G.V. Diagnostika i metody otsenki ustoychivosti pshenitsy k vozбудitelyu zheltoy pyatnistosti list'yev [Diagnostics and methods for assessing wheat resistance to the causative agent of yellow leaf spot], 2007, Moscow, Metodicheskiye rekomendatsii, 20 p. (In Russian)
6. Babayants L.T., Meshterkhazi A., Vekhter F. i dr. Metody selektsii i otsenki ustoychivosti pshenitsy i yachmenya k boleznyam v stranakh – chlenakh SEV [Methods of breeding and evaluation of wheat and barley resistance to diseases in the CMEA member countries], 1988, Praga, 321p. (In Russian)
7. Koishibayev M. Bolezni pshenitsy [Wheat diseases], 2018, ISBN 978-92-5-130142-5. FAO, Ankara, 365 p. (In Russian)
8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial], 2014, Moscow, Kolos Publ., 336 p. (In Russian)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ТРАНСГРЕССИВНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ У ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДОНЕ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХ

С.А. КОВАЛЕНКО, аспирант, E-mail: sa_kovalenko_83@mail.ru,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0726-7499>

М.А. ФОМЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук,
E-mail: fomenko.marina.1602@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5385-6863>,

В.П. КАДУШКИНА, E-mail: kadushkina1964@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-6363-9352>

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Аннотация. Приведены особенности рекомбинационного процесса по изученным популяциям в зависимости от засух и от степени экологического-географической удаленности генотипов родительских форм, привлеченных в скрещивания. Экспериментальным путем установлен интегральный маркер, используемый при отборах и оценках в F_1 и в популяциях в условиях засух – масса зерна с 1 растения (с единицы площади). Сверхдоминирование этого признака (маркера) F_1 выявили в среднем у 48% популяций. В засушливые годы его значение составляло 51-59%. Гетерозис отмечали по многим признакам, особенно по продуктивности. Однако в последующих поколениях у ряда гибридов из-за действия модификации генов это не подтвердилось.

При пересеве в F_2 из-за модификаций превышение родителей по урожаю зерна с растения было только у 12-15% популяций. Тем не менее по характеру наследования маркера в F_1 можно судить о перспективности популяции в последующем. Трансгрессивные семьи выделены в F_3 - F_4 . Они представлены генотипами с более выраженной устойчивостью к засухам, адаптированные к местным условиям (4193/17, 4685/19, 4699/19 и др.). В результате двукратных отборов в гетерогенных популяциях в F_5 - F_6 выделен перспективный материал (4464/21, 4465/21 и др.), в генотипах которых при использовании зарубежных и отдаленных форм произошло усиление адаптивных и продуктивных признаков у яровой пшеницы. Отобранные трансгрессивные семьи проходят проверку в следующих поколениях, что позволяет уточнить степень усиления выраженности признака. В ГСИ передан для изучения новый сорт яровой твердой пшеницы Донская лазоревая.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, гетерозис, трансгрессивная изменчивость, засуха, Дон.

Для цитирования: Коваленко С.А., Фоменко М.А., Кадушкина В.П. Особенности проявления трансгрессивной изменчивости у яровой твердой пшеницы на Дону в условиях засух. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):169-178 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-169-178

FEATURES OF THE MANIFESTATION OF TRANSGRESSIVE VARIABILITY IN SPRING HARD WHEAT ON THE DON UNDER DROUGHT CONDITIONS

S.A. Kovalenko, M.A. Fomenko, V.P. Kadushkina

FSBSI «FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER»

Abstract: The features of the recombination process for the studied populations are given, depending on droughts and on the degree of ecological and geographical remoteness of the genotypes of the parent forms involved in crosses. Experimentally, an integral marker used in the selection and evaluation in F_1 and in populations under drought conditions was established – the mass of grain from 1 plant (per unit area). Overdomination of this trait (marker) F_1 was detected in

When replanting in F2 due to modifications, only 12-15% of the populations exceeded the parents in grain yield from the plant. Nevertheless, the nature of the marker inheritance in F1 can be judged on the prospects of the population in the future. Transgressive families are allocated in F3- F4. They are represented by genotypes with more pronounced drought resistance, adapted to local conditions (4193/17, 4685/19, 4699/19, etc.). As a result of two-fold selections in heterogeneous populations in F5- F6, promising material was isolated (4464/21, 4465/21, etc.), in whose genotypes, when using foreign and distant forms, adaptive and productive traits in spring wheat increased. The selected transgressive families are tested in the next generations, which will clarify the degree of enhancement of the severity of the trait. A new variety of spring durum wheat, Don azure, has been transferred to the State Commission for Variety Testing for study.

Keywords: spring durum wheat, heterosis, transgressive variability, drought, Don.

В связи с существенной изменчивостью климата методология селекции яровой пшеницы на современном этапе направлена на создание новой генетической изменчивости, адаптированной к копированию его негативов, с сохранением стабильно высокими потенциальной продуктивностью, качеством сырья, устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды [1, 2].

Вклад адаптивных генов в решение этой проблемы постоянно возрастает [3, 4]. На качество зерна сильное влияние оказывает взаимодействие «генотип-среда» [5, 6]. Особенности селекции пшеницы на продуктивность и адаптивность в условиях засух выявляются постоянно. Тем не менее действие стресс-факторов усиливается, что требует уточнения ряда методических аспектов в унисон к среде. Успех заключается в умении создать генетическую изменчивость, поддающуюся отбору, с высокой экологической пластиностью в соответствии с динамикой погодных факторов [7]. Существует целый ряд методов её создания, однако наиболее гибким инструментом следует считать гибридизацию конкретно подобранных компонентов. Возникающая в этом случае рекомбинация генов является одним из основных источников генетической изменчивости. Для этого используют родительские формы из коллекции ВИР и других источников, отдаленных в экологогеографическом отношении, но максимально приближенных к модели сорта, наиболее адаптированных к местным условиям, и линии, сорта собственной селекции. Они должны иметь наименьшее количество общих генов, близких к модели сорта. Управление процессами рекомбинации и отбора лучших гибридов позволяет получать новые генотипы с признаками и свойствами, которых не было у родителей, или с более сильной выраженностью (трансгрессиями) [8-10].

Цель работы – уточнить особенности проявления трансгрессивной изменчивости у яровой твердой пшеницы в условиях засух на Дону.

Материал и методы исследований

Работу проводили в Федеральном Ростовском аграрном научном центре в 2022-2024 гг. Климат умеренно континентальный. Годовая амплитуда температуры воздуха при экстремальных значениях достигает 70-80°C, гидротермический коэффициент составляет 0,7, характерно для засушливых регионов. Коэффициент аридности (по Мезенцеву-Виноградову) – 0,4. Абсолютный максимум температур доходит до +38+46°C. Осадков на северо-западе Ростовской области выпадает до 443 мм при среднемноголетнем значении 451 мм (метеостанция «Тарасовское опытное поле»).

Неустойчивое и недостаточное количество осадков по годам – одна из основных особенностей климата. По классификации А.М. Шульгина, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в этой зоне можно отнести к недостаточным (<130мм). Глубина промачивания почвы составляет 60-180 см.

В годы исследований распределение осадков было неравномерным. Среднесуточная температура превышала на 3-4°C среднемноголетние данные практически по всем

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. фенофазам (метеостанция «Тарасовское опытное поле»). В 2024 году наблюдали весенне-летнюю продолжительную засуху с суховеями, закладка семян и развитие растений на протяжении всей вегетации проходили в жесточайшем стрессе, значение ГТК варьировало от 0,04 до 0,47, в 2022 году – ранневесеннюю, осадки были преимущественно в виде ливней во второй декаде мая и первой декаде июля, ГТК за весь вегетационный период равнялся 0,51, 2023 год был наиболее благоприятным для формирования зерна яровой твердой пшеницы, основные фазы развития растений (кущение и выход в трубку) проходили при хороших запасах влаги (количество осадков в мае месяце превышало среднемноголетнее почти в два раза) и умеренных температурах, значение ГТК от всходов до полной спелости составил 1,03 (табл. 1).

Таблица 1

ГТК по фазам вегетации в годы исследований, 2022-2024 гг.

Год исследований	Посев-всходы	Всходы-выход в трубку	Выход в трубку-колошение	Всходы-колошение	Колошение-полная спелость	Всходы-полная спелость	Посев-полная спелость
2022	0,38	0,78	1,17	0,98	0,13	0,51	0,51
2023	0,66	1,37	1,81	1,45	0,77	1,05	1,03
2024	0,24	0,34	0,04	0,11	0,47	0,32	0,32

Почвы представлены южным карбонатным чернозёмом, с мощностью 30-40 см. В пахотном слое почвы (фон без удобрений) нитратного азота ($N-NO_3$) (по Гинзбургу) было 44,65 мг/кг почвы, фосфора (P_2O_5) – 56,53 мг/кг, калия (K_2O) – 320 мг/кг (по Чиркову). Агротехника возделывания яровой твердой пшеницы – общепринятая для зоны [11].

Основные принципы создания генетической изменчивости базируются на скрещивании родителей с минимальным набором общих генов, использовании генотипов в основном зарубежной селекции из коллекции ВИР и местных форм с уже адаптивными комплексами генов к условиям произрастания. Использовали парные и ступенчатые схемы скрещиваний. Важным требованием является приближенность исходных сортов к модели сорта, особенно зарубежных, но степень удаленности их генотипов не должна обуславливать ограничения на рекомбинацию генов.

Ежегодно изучали 250-280 гибридов F_1 , 100-115 популяций F_2 , 25-38 тыс. семей из 200-250 популяций селекционного питомника. В контролльном питомнике исследовали 380-560 линий, в конкурсных испытаниях – 70-98. Особенности фенотипического доминирования у гибридов F_1 определяли по методу В.А. Griffing. Степень и частоту трансгрессий изучаемых признаков выявляли по методике Г.С. Воскресенской и В.И. Шпата.

Трансгрессивные семьи в популяциях отбирали, используя собственный разработанный критерий продуктивности: средний урожай по питомнику + НСР + 13% к этому уровню. Этот критерий установлен экспериментально и уже много лет опробован.

Результаты и их обсуждение

В условиях северного Дона для создания популяций с высокой гетерогенностью признаков привлекаемые родители должны быть эколого-географически отдаленными, засухоустойчивыми, формировать оптимальную надземную массу, не должны уступать по урожайности стандарту более, чем на 20% и т.д. [12, 13].

При ступенчатой гибридизации особую важность приобретает создание гетерогенных популяций с продолжительным формообразовательным процессом. В этом случае во время целенаправленных многократных отборов и давлении абиотических факторов окружающей среды есть возможность управления их рекомбинацией. В условиях угнетения стрессорами (суховеи, засухи, длительная повышенная температура, весенние заморозки) формируются

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. коадаптированные системы генов яровой твердой пшеницы, обуславливающие преимущество по продуктивности и адаптивности перед предыдущими генотипами [14].

Используя родительские формы из разных экологических систем, как правило, взаимное приспособление взаимодействующих аллелей генофонда к местным условиям проходит в несколько этапов. При продолжительном формообразовании необходимо выделять и отбирать генотипы с нужными комплексами генов, приближенными к модели сорта, затем задействовать их в следующих скрещиваниях [15]. В результате чего повышается выраженность изучаемых признаков, улучшаются адаптивные свойства к местным стрессорам.

За период наблюдений в 2022 и 2024 гг. в процессе всей вегетации гибриды F1, подвергались давлению различных засух. Вследствие чего отмечали большое количество комбинаций (51-59%) с проявлением сверхдоминирования по признаку масса зерна с одного растения (маркер селекции на продуктивность), по сравнению с более благоприятным 2023 годом – 47%. В этом проявлялся эффект действия модификации генов.

Поэтому эффект гетерозиса по продуктивности у многих гибридов первого поколения со сверхдоминированием часто не проявлялся в F2. В среднем только 12-15% изучаемых гибридов превосходили по урожайности родительские формы. Свойства этих гибридов уточняли в F3.

Комбинационная изменчивость признаков и появление трансгрессий в каждой новой популяции в конкретных условиях среды проявлялись неоднозначно. В 2024 году частота выщепления трансгрессий по массе зерна с растения у гибридов F3- F11 была относительно стабильной (1,33-1,90%). Максимальное значение выявлено в F6 – 2,40%. В 2023 году более высокое выделение трансгрессивных форм отмечали в поколениях F5- F8 (рис.).

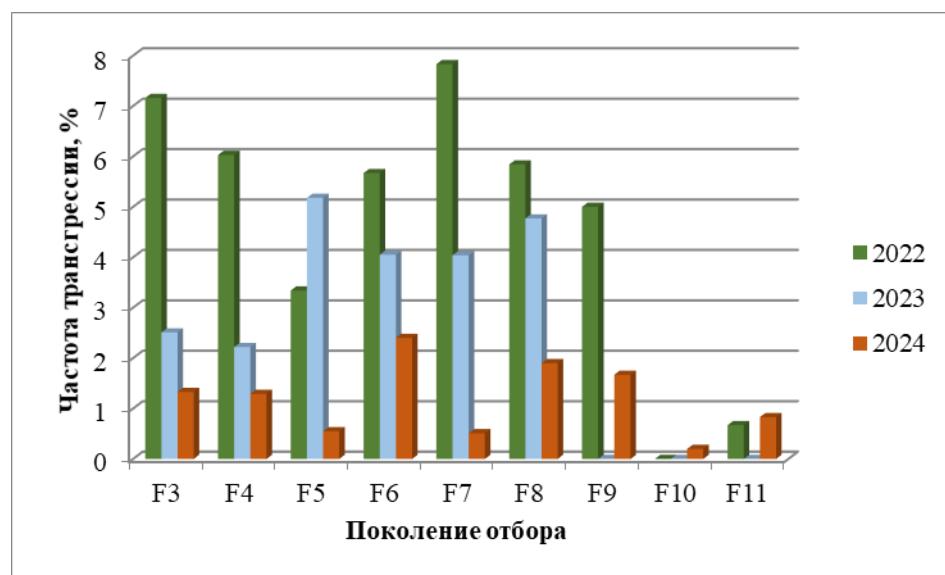


Рис. Средняя частота выявления форм с трансгрессиями по продуктивности в селекционном питомнике, 2022-2024 гг.

В 2022 году популяции отличались высокой интенсивностью расщепления, более широким диапазоном изменчивости и продолжительным процессом формообразования. Повторные отборы повышали уровень гомозиготности форм по морфологическим признакам и устойчивости к стрессовым условиям среды.

Особую роль в исследованиях играли скрещивания местных генотипов с коадаптированными комплексами генов. В условиях увеличения аридности среды адаптивные признаки (жаро-, засухоустойчивость) генотипов накапливались постепенно. Константные трансгрессивные формы в таких популяциях отбирали в сравнительно ранних поколениях в F3-F5 (4685/19, 4924/20, 4468/21 и др.). Однако гибридные, полученные в

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. результате скрещивания только местных сортов и линий чаще всего использовали в качестве доноров в последующих этапах гибридизации (табл. 2).

Таблица 2

Частота и степень трансгрессии по комбинациям перспективных линий яровой твердой пшеницы, %

Комбинация	Поколение отбора						Выделенные сорта, линии	
	F3		F4	F5		F6		
	Частота	Степень		Частота	Степень	Частота	Степень	
5091/12 ^M × к. 59187 СД 4354, США	5,2	39,2						4193/17 Донская лазоревая
4734/08 ^M × 4789/11 ^M	3	45						4685/19
5014/12 ^M × Харьковская 41, Украина	6,7	59						4699/19
4981/13 ^M × 4769/11 ^M	2	59		и.о.		1	55,2	4464/21
4767/11 ^M × 137 с 28, Кубань	6,1	80,8		и.о.		4,1	42,9	4924/20
4991/13 ^M × 5061/13 ^M	5,8	25,3		и.о.		1,2	28,2	4465/21
5017/12 ^M × Безенчукская 205, Самарский НИИСХ	2,5	61,6	и.о.	1,1	50			4468/21

Примечание: линия^M – местная перспективная линия, созданная в ФГБНУ ФРАНЦ

Линия 4193/17 (Донская лазоревая) создана с использованием сортов из различных экологических сред: Новодонская (Ростовская область), Д-2093 (Саратов), Sellicoppa (Италия), CD 4354 (США). Исследования вели на продуктивность, качество зерна, жаро-, засухоустойчивость. Перспективная линия выделена в третьем поколении и была передана на ГСИ в 2023 году. Максимально реализованный урожай зерна составил 6,79 т/га (экологическое сортоиспытание в ФГБНУ «Научный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»). Генотип раннеспелый, выколащивается и созревает на 2-3 дня раньше стандартного сорта Донская элегия. Плотность ценоза – до 592 продуктивных стеблей/м². Устойчивость к основным заболеваниям высокая (поражение мучнистой росой – 0-5%, поражение бурой ржавчиной – 0). Характеризуется высоким содержанием белка – 14,7% и клейковины – 32,1% (среднее за 2022-2024 гг.) (табл. 3).

Линия 4685/19 (Вольнодонская золотистая) получена в результате внутри- и межвидовой гибридизации с участием сортов отечественной селекции Вольнодонская, Новодонская, Степь 3, Тарасовская остистая и зарубежной – Giorgio и Харьковская 7 с последующим индивидуальным отбором форм. Перспективная линия выделена в третьем поколении и передана на ГСИ в 2024 году. Максимальный урожай получен в экологическом сортоиспытании ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» – 5,82 т/га, прибавка к стандарту составила 0,76 т/га. Генотип среднеспелый, выколащивается на уровне стандартного сорта Донская элегия. Устойчив к полеганию (4,9 баллов). Характеризуется высокой засухоустойчивостью, полевой устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине. Поражение вредителями (злаковой мухой, хлебным пилильщиком) ниже, чем у стандарта Донская элегия. Имеет высокие показатели качества зерна: содержание белка в зерне – 14,9%, клейковины – 32,7%.

Линии 4924/20, 4464/21, 4465/21 и 4468/21 получены путем двукратного отбора из гибридных популяций мутантного происхождения с участием местных сортов. Характеризовались высокой плотностью ценоза – до 588 стеб./м², коэффициент продуктивной кустистости достигал 1,6 и хорошей озерненностью колоса. Изучение данных генотипов будет продолжено на следующий год.

Некоторые элементы структуры перспективных линий конкурсного сортоиспытания, 2022-2024 гг.

№	Сорт, линия	Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	Продуктивная кустистость, стебл./раст.	Вес зерна с 1 м ² , г	Вес зерна с 1 растения, г	Вес зерна с 1 колоса, г	Количество зерен в колосе, шт.
1	Донская элегия, St	327	1,2	234,7	0,82	0,71	19,9
2	4193/17 (Донская лазоревая)	592	1,6	396,4	1,12	0,59	18,6
3	4685/19	364	1,2	303	1,05	0,83	23,6
4	4699/19	302	1,1	211,6	0,80	0,73	0,9
5	4924/20	428	1,6	198,6	0,74	0,47	12,9
6	4464/21	506	1,4	324,0	0,92	0,64	16,4
7	4465/21	518	1,3	384	0,98	0,74	19,1
8	4468/21	588	1,6	449,2	1,23	0,76	18,7

Использование отдаленной гибридизации позволило повысить содержание каротиноидов в зерне. Некоторые исследователи это объясняют тем, что трансгрессии по содержанию каротиноидных включений в зерне твердой пшеницы происходят довольно часто, особенно при добавлении в комбинацию генов озимой мягкой пшеницы [16, 17]. Целая группа комбинаций, таких как 4685/19, 4464/21 и др. имела высокие результаты по данному признаку (503 мкг %, 498 мкг % и др. соответственно при 420 мкг % у стандарта Донская элегия).

Введение генного материала дальнего зарубежья: Helidur, Giorgio, CD-4354 и др. (средняя устойчивость к засухе, устойчивость к заболеваниям, более короткий вегетационный период, более крупное зерно) в местный генофонд позволило улучшить устойчивость к фитопатогенам, увеличить массу 1000 зерен, превысить по урожайности стандарт на 0,12-0,15 т/га (4465/21, 4464/21, 4699/19).

Важное значение имеют объёмы прорабатываемых генотипов. Выявлению трансгрессий с положительными признаками и свойствами существенно помогает посев селекционного питомника необмолоченными колосьями, позволяющий ежегодно исследовать 30 тыс. генотипов из различных популяций и поколений отбора. Подтверждена взаимосвязь между степенью доминирования ряда признаков у гибридов F₁ с выделением трансгрессивных семей по ним в последующих поколениях (табл. 4).

Основной интегральный показатель отбора и исследований в условиях засух – масса зерна с 1 растения. Перспективные линии, выделенные из изученных популяций, получены при доминировании данного признака. Максимальный урожай зерна с единицы площади за 2022-2024 гг. в конкурсном сортоиспытании составил 4,41 т/га у линии 4465/21, выделенной из популяций со «сверхдоминированием» (+0,18 т/га к стандарту Донская элегия) и 4,72 т/га у линии 4193/17, полученной из популяции с «неполным доминированием» (+0,49 т/га к стандарту Донская элегия).

В ходе исследований наблюдали также депрессию по массе зерна с 1 растения. Такие популяции, несмотря на доминирование по другим свойствам, выбраковывали. Лишь некоторые комбинации продолжали изучать в дальнейшем из-за ценности ряда других признаков.

Степень доминирования и отборы трансгрессивных семей яровой твердой пшеницы в различных поколениях

Комбинация	Наследование признаков в F1				Изучено семей СП	Отобрано, шт.		Поколение отбора, сорт, линия	
	Масса зерна с 1 растения	Масса 1000 зерен	Высота растения	Длина колоса		Отобрано семей/с трансгрессиями	Линий в КП/с трансгрессиями		
5091/12× к. 59187 СД 4354, США	НД	ЧД	ЧД	Д	290	37/11	11/3	2	F3, 4193/17 (Донская лазоревая)
4734/08× 4789/11	ЧД	ЧД	ЧД	Д	200	23/3	3/1	1	F3, 4685/19
5014/12× Харьковская 41, Украина	Д	СД	НД	Д	180	20/7	7/1	1	F3, 4699/19
4994/13× 5050/13	НД	СД	НД	СД	80	9/4	4/1	1	F3, 4943/20
4981/13× 4769/11	НД	НД	ЧД	ПД	200	17/4	4/2	1	F3, F6, 4464/21
4767/11× 137 с-28, Кубань	СД	СД	СД	СД	300	41/14	6/2	2/1	F3, F6, 4924/20
4991/13× 5061/13	СД	СД	СД	НД	600	59/25	8/2	2/1	F3, F6, 4465/21
5017/12× Безенчукская 205, Самарское НИИСХ	СД	ЧД	НД	Д	220	18/4	2/1	1/1	F3, F5, 4468/21

Примечание: СД – сверхдоминирование, Д – депрессия, ЧД, НД – частичное и неполное доминирование, ПД – полное доминирование.

Анализ происхождения перспективных линий и сортов свидетельствует о значимости целенаправленных отборов как в ранних поколениях, так и в старших, которые характеризуются высокими параметрами адаптивности.

Заключение

Установлено, что в условиях засух длительность формообразовательного процесса по каждой популяции зависит как от степени эколого-географической удаленности генотипов родительских форм скрещивания, так и от давления стрессоров окружающей среды. Маркером отборов и оценки типа наследования в F₁ и в популяциях в условиях засух была масса зерна с 1 растения (с единицы площади). При сверхдоминировании этого признака трансгрессию в старших поколениях по урожаю зерна можно наблюдать у 48% популяции. В засушливые годы у 51-59% гибридов F₁ по многим признакам отмечали гетерозис, особенно по продуктивности. Однако в последующих поколениях у ряда гибридов из-за действия модификаций генов это не подтвердилось. При пересеве в F₂ гетерозис подтверждался только у 12-15% гибридов. На ранних этапах в F₃- F₄ выделены трансгрессивные семьи, в состав которых входили генотипы, адаптированные к местным условиям (4193/17, 4685/19, 4699/19 и др.). В результате двукратных отборов среди гибридов в F₅- F₆ создан перспективный материал (4464/21, 4465/21 и др.), в популяциях которых при использовании зарубежных и отдаленных форм произошло усиление адаптивных и продуктивных признаков у яровой пшеницы. Отобранные трансгрессивные семьи проходят проверку в следующих поколениях, что позволит определить проявление особенности константности признака. В ГСИ переданы для изучения новые сорта яровой твердой пшеницы Донская лазоревая и Вольнодонская золотистая.

Литература

1. Ригин Б.В., Зуев Е.В., Тюнин В.А. [и др.] Селекционно-генетические аспекты создания продуктивных форм мягкой яровой пшеницы с высокой скоростью развития. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – Т. 179, № 3. – С. 194-202. eLIBRARY ID: 36808580, EDN: BWQGEL, DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-194-202
2. Кочетов А.А., Мирская Г.В., Синявина Н.Г., Егорова К.В. Трансгрессивная селекция: методология ускоренного получения новых форм растений с прогнозируемым комплексом хозяйствственно ценных признаков. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 29-37. eLIBRARY ID: 47196202, EDN: GFENGO, DOI: 10.31857/S2500262721060065
3. Мухордова М. Е. Влияние формообразовательного процесса на продуктивность растений у гибридов озимой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3(47). – С. 72-77. eLIBRARY ID: 41148676, EDN: RUXUFT, DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-72-77
4. Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Кирьякова М.Н., Мешкова Л.В., Пахотина И.В., Глушаков Д.А. Перспективные генетические источники для селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022;26(7):609-621. DOI: 10.18699/VJGB-22-75
5. Genievskaya Y. A et al. Влияние взаимодействия генотип×среда на признаки качества зерна и урожайности ячменя, выращенного в Костанайской и Алматинской областях. – Вестник КазНУ. Серия экологическая, [S. L.], v. 68, n. 3, p. 44-54, sep. 2021. ISSN 2617-7358, DOI: 10.26577/EJE.2021.v68.i3.05
6. Демина И.Ф. Корреляционная зависимость урожайности и показателей качества зерна образцов яровой пшеницы от агроэкологических условий. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Том 65. – № 3 (387). – С. 278-281. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_3_278
7. Драгавцев В.А., Драгавцева И.А., Ефимова И.Л., Моренец А.С., Савин И.Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» - важнейший рычаг повышения урожая сельскохозяйственных растений. // Труды Кубанского аграрного университета. – 2016. – № 59. - С. 105-121. eLIBRARY ID: 26661209, EDN: WLLCPD
8. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. отв. Ред. А.И. Грабовец/ Федеральный Ростовский аграрный научный центр. - Второе изд., дополненное и уточненное. – Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2022. – 712 с. DOI: 10.34924/FRANC.2022.40.33.001
9. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Исходный материал для селекции твердой пшеницы в Среднем Поволжье. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 38-45. eLibrary id: 47196203, DOI: 10.31857/S2500262721060077
10. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П, Макарова Т.С., Дубинина, О.А., Каменева А.С., Дерова Т.Г. Методы создания исходного материала в селекции озимой твердой пшеницы и их результативность. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №2 (68). – С. 54-60. eLibrary id: 42966870, DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60
11. Грабовец А.И., Бирюков К.Н., Михайленко П.В., Ляшко А.Г. Усовершенствованная технология возделывания новых сортов яровой твердой пшеницы в северо-западной зоне Ростовской области. // – ФГБНУ «ДЗНИИСХ» - п. Рассвет. – 2015. – 25 с.
12. Кадушкина В.П., Грабовец А.И. Наследование элементов продуктивности у гибридов F₁ яровой твердой пшеницы и возможность прогноза их перспективности. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. Оренбург. – 2019. – №3 (77). – С. 54-57. eLIBRARY ID: 39200821, EDN: KPSGVЕ
13. Дуктова Н.А., Кузнецова Н.А. Проявление гетерозисного эффекта и характер наследования признаков продуктивности растения у внутривидовых гибридов пшеницы твердой. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №4. – С. 111-114. e-Library id: 36703530
14. Грабовец А. И., Кадушкина В.П., Коваленко С.А., Бирюкова О.В. Итоги селекции яровой твердой пшеницы на продуктивность и качество в условиях засух на Дону. – Достижения

15. Романенко Г.А. Генетические ресурсы растений, животных и микроорганизмов – основа фундаментальных исследований сельскохозяйственной науки. / Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т.87. – № 4. – С. 322-324. DOI: 10.7868/S0869587317040053, eLIBRARY ID: 29345069, EDN: YSECQZ
16. Мясникова М.Г. и др. Результаты селекции твердой пшеницы в России на содержание каротиноидных пигментов в зерне/ Зерновое хозяйство России. – 2019. – №6 (66). – С. 37-40. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40, eLIBRARY ID: 41856703
17. Колчанов Н.А., Кочетов А.В., Салина Е.А., Першина Л.А., Хлесткина Е.К., Шумный В.К. Состояние и перспективы использования маркер-ориентированной и геномной селекции растений. // Генетические ресурсы растений, животных и микроорганизмов на службе человечества. Научная сессия Общего собрания членов РАН 26 октября 2016 г. Под ред. Г.А. Романенко, А.А. Завалина. – М.: РАН, – 2016. – 167 с. ISBN 978-5-9908169-4-7

References

1. Rigin B.V., Zuev E.V., Tyunin V.A. Selekcionno-geneticheskie aspekty sozdaniya produktivnyh form myagkoj yarovojo pshenicy s vysokoj skorost'yu razvitiya [Breeding and genetic aspects of creating productive forms of soft spring wheat with a high rate of development]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii - Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2018, vol. 179, no. 3, pp. 194-202. (In Russian). eLIBRARY ID: 36808580, EDN: BWQGEL, DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-194-202
2. Kochetov A.A., Mirskaya G.V., Sinyavina N.G., Egorova K.V. Transgressivnaya selekciya: metodologiya uskorennogo polucheniya novyh form rastenij s prognoziruemym kompleksom hozyajstvenno cennyh priznakov [Transgressive breeding: methodology of accelerated production of new plant forms with a predicted complex of economically valuable traits]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka - Russian agricultural science*, 2021, no. 6, pp. 29-37. (In Russian). eLIBRARY ID: 47196202, EDN: GFENGO, DOI: 10.31857/S2500262721060065
3. Mukhordova M. E. Vliyanie formoobrazovatel'nogo processa na produktivnost' rastenij u gibriderov ozimoj myagkoj pshenicy v usloviyah Zapadnoj Sibiri [The influence of the shaping process on plant productivity in hybrids of winter soft wheat in Western Siberia]. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii - Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2019, no. 3(47), pp. 72-77. (In Russian). eLIBRARY ID: 41148676, EDN: RUXUFT, DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-72-77
4. Evdokimov M.G., Yusov V.S., Kir'yakova M.N. Perspektivnye geneticheskie istochniki dlya selekcii yarovojo tverdoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri [Promising genetic sources for breeding spring durum wheat in Western Siberia]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii - Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2022, no. 26(7), pp. 609-621. (In Russian). DOI: 10.18699/VJGB-22-75
5. Genievskaya, Y A et al. Vliyanie vzaimodejstviya genotip×sreda na priznaki kachestva zerna i urozhajnosti yachmenya, vyrashchennogo v Kostanajskoj i Almaatinskoj oblastyah [The influence of genotype-environment interaction on the signs of grain quality and yield of barley grown in Kostanay and Almaty regions]. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya, [S. L.] - Bulletin of the Treasury. Ecological series, [S. L.]*, 2021, vol. 68, no. 3, pp. 44-54. (In Kazakhstan). ISSN 2617-7358, DOI: 10.26577/EJE.2021.v68.i3.05
6. Demina I.F. Korrelyacionnaya zavisimost' urozhajnosti i pokazatelej kachestva zerna obrazcov yarovojo pshenicy ot agroekologicheskikh uslovij [Correlation dependence of yield and grain quality indicators of spring wheat samples on agroecological conditions]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal - International Agricultural Journal*, 2022, vol. 65, № 3(387), pp. 278-281. (In Russian). DOI: 10.55186/25876740_2022_6_3_278
7. Dragavtsev V.A., Dragavtseva I.A. Efimova L.I. Upravlenie vzaimodejstviem «genotip-sreda» - vazhnejshij rychag povysheniya urozhzaev sel'skokhozyajstvennyh rastenij [Management of interaction "genotype-environment" - the most important lever for increasing yields of agricultural plants]. *Trudy Kubanskogo agrarnogo universiteta - Proceedings of the Kuban Agrarian University*, 2016, no. 59, pp. 105-121. (In Russian). eLIBRARY ID: 26661209, EDN: WLLCPD

8. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Ozimaya pshenica [Winter wheat]. *Rossiiskaya akademiya nauk, Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya, Federal'nyi Rostovskii agarnyi nauchnyi tsentr - Russian Academy of Sciences, Ministry of Science and Higher Education, Federal Rostov Agar Scientific Center- second ed., supplemented and clarified.* – Rostov-on-Don: LLC "Publishing House "Yug"", 2022, 712 p. (In Russian). DOI: 10.34924/FRANC.2022.40.33.001
9. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Iskhodnyj material dlya selekcii tverdoj pshenicy v Sredнем Povolzh'e [Source material for the selection of durum wheat in the Middle Volga region]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka - Russian agricultural science*, 2021, no. 6, pp. 38-45. (In Russian). eLibrary id: 47196203, DOI: 10.31857/S2500262721060077
10. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Makarova T.S. Metody sozdaniya iskhodnogo materiala v selekcii ozimoj tverdoj pshenicy i ih rezul'tativnost' [Methods of creating the source material in the selection of winter durum wheat and their effectiveness]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii - Grain farming of Russia*, 2020, no. 2 (68), pp. 54-60. (In Russian). eLibrary id: 42966870, DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60
11. Grabovets A.I., Biryukov K.N., Mikhailenko P.V. Usovershenstvovannaya tekhnologiya vozdelyvaniya novyh sortov yarovoij tverdoj pshenicy v severo-zapadnoj zone Rostovskoj oblasti [Improved technology of cultivation of new varieties of spring durum wheat in the north-western zone of the Rostov region]. *FGBNU "DZNIISKH" - FSBSI DZSRIA* p. Rassvet, 2015, 25 p. (In Russian)
12. Kadushkina V.P., Grabovets A.I. Nasledovanie elementov produktivnosti u gibridov F1 yarovoij tverdoj pshenicy i vozmozhnost' prognoza ih perspektivnosti [Inheritance of productivity elements in F1 hybrids of spring durum wheat and the possibility of forecasting their prospects]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, Orenburg, 2019, no. 3(77), pp.54-57. (In Russian). eLIBRARY ID: 39200821, EDN: KPSGVE
13. Duktova N.A., Kuznetsova N.A. Proyavlenie geterozisnogo effekta i harakter nasledovaniya priznakov produktivnosti rasteniya u vnutrividovyh gibridov pshenicy tverdoj [The manifestation of the heterosis effect and the nature of inheritance of plant productivity traits in intraspecific hybrids of durum wheat]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii - Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2018, no. 4, pp. 111-114. (In Russian). e-Library id: 36703530
14. Grabovets A. I. Itogi selekcii yarovoij tverdoj pshenicy na produktivnost' i kachestvo v usloviyah zasuh na Donu [Results of spring durum wheat breeding for productivity and quality in conditions of droughts on the Don]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK - Achievements of science and technology in agriculture*, 2021, v. 35, no. 3, pp. 23-27. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10304
15. Romanenko G.A. Geneticheskie resursy rastenij, zhivotnyh i mikroorganizmov – osnova fundamental'nyh issledovanij sel'skokhozyajstvennoj nauki [Genetic resources of plants, animals and microorganisms are the basis of fundamental research in agricultural science]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk - Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2017, v. 87 no. 4, pp. 322-324. (In Russian). DOI: 10.7868/S0869587317040053, eLIBRARY ID: 29345069, EDN: YSECQZ
16. Myasnikova M.G., Mal'chikov P.N., Shabolkina E.N. Rezul'taty selekcii tverdoj pshenicy v Rossii na soderzhanie karotinoidnyh pigmentov v zerne [Results of selection of durum wheat in Russia for the content of carotenoid pigments in grain]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii - Grain farming of Russia*, 2019, no. 6(66), pp. 37-40. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40, Corpus ID: 214234902
17. Kolchanov N.A., Kochetov A.V., Salina E.A. Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya marker-orientirovannoj i genomnoj selekcii rastenij [The state and prospects of using marker-oriented and genomic plant breeding]. *Geneticheskie resursy rastenii, zhivotnykh i mikroorganizmov na sluzhbe chelovechestva - Genetic resources of plants, animals and microorganisms in the service of humanity*, Scientific session of the General Meeting of RAS Members on October 26, edited by G.A. Romanenko, A.A. Zavalin, 2016, M.: RAS, 2016, 167 p. (In Russian). ISBN 978-5-9908169-4-7

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.Г. ГОЛОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-5844-4614
И.Н. ЧВИЛЕВА, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0006-8034-0970

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

Аннотация. Изучены сорта яровой твердой пшеницы различного происхождения в центральной части Воронежской области (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ») в 2021-2024 годах. Коллекционные образцы проанализированы по группам: сорта Воронежского ФАНЦ, Алтайской, юга европейской части (Краснодар, Ростов) и Казахстанской селекции, иностранные сорта (США, Италия). Выяснено, что высокую продуктивность с квадратного метра в среднем за четыре года сформировали сорта из Краснодара и Алтайские образцы: 339,2 и 338,0 г/м². Низкая продуктивность в среднем по годам отмечена у сортов Воронежской и Казахстанской селекции: 292,4-294,0 г/м². Иностранные образцы занимали промежуточное положение: 316,3 г/м². Установлено, что максимальный коэффициент пластиичности показали иностранные сорта, отзывчивые на улучшение условий произрастания ($b_i = 1,49$), наиболее продуктивные из них: *Mindum* и *Miliani 1* с урожайностью 330,5 и 355,2 г/м². Сорта из Казахстана максимально экстенсивны ($b_i = 0,60$), более высокую продуктивность и пластиичность проявил в наших условиях сорт Дамсинская янтарная – 345,5 г/м². Сорта других групп в среднем по годам проявляют пластиичность среднего уровня, в пределах групп отмечены продуктивные сорта с высокой степенью отзывчивости на благоприятные метеоусловия: Лилёк (Краснодар), при урожайности 393,0 г/м², Алтайский янтарь – 373,8 г/м². Наиболее продуктивный сорт из местных образцов Воронежская 13 (372,2 г/м²) не обладает интенсивным характером генотипа: $b_i = 0,47$, высоко гомеостатичен, что снижает его потенциальные возможности. Выяснено, что резервы повышения продуктивности сортов яровой твердой пшеницы в условиях Воронежской области состоят в увеличении продуктивности колоса за счет крупности зерна и величины флагового и предфлагового листьев, что с большой долей вероятности могут привнести интенсивные сорта иностранной и краснодарской селекции.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, сорт, продуктивность, стабильность, морфология, оценка.

Для цитирования: Голова Т.Г., Чвилева И.Н. Перспективы селекции яровой твердой пшеницы в условиях Воронежской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):179-186 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-179-186

PROSPECTS FOR BREEDING SPRING DURUM WHEAT IN THE VORONETH REGION

T.G. Golova. I.N. Chvileva

FSBSI V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER

Abstract: Durum spring wheat varieties of various origins were studied in the central part of the Voronezh Region (Voronezh Federal Agricultural Research Center) from 2021 to 2024. Collection accessions were analyzed by group: varieties of the Voronezh Federal Agricultural Research Center, Altai, southern European (Krasnodar, Rostov), and Kazakhstan breeding, as well as foreign varieties (USA, Italy). It was found that varieties from Krasnodar and Altai accessions demonstrated high productivity per square meter on average over four years: 339.2 and 338.0 g/m². Low average productivity over the years was noted for varieties of Voronezh and Kazakhstan

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
breeding: 292.4-294.0 g/m². Foreign accessions occupied an intermediate position: 316.3 g/m². It was established that the maximum plasticity coefficient was shown by foreign varieties responsive to improved growing conditions ($bi = 1.49$), the most productive of them being: Mindum and Miliani 1 with a yield of 330.5 and 355.2 g/m². Varieties from Kazakhstan are the most extensive ($bi = 0.60$), with Damsinskaya Yantarnaya demonstrating higher productivity and flexibility under our conditions – 345.5 g/m². Varieties from other groups, on average, demonstrate average flexibility over the years; within these groups, productive varieties with a high degree of responsiveness to favorable weather conditions were noted: Lilek (Krasnodar), with a yield of 393.0 g/m², and Altai Yantar – 373.8 g/m². The most productive variety among local accessions, Voronezhskaya 13 (372.2 g/m²), does not possess an intensive genotype: $bi = 0.47$, and is highly homeostatic, which reduces its potential. It has been established that the potential for increasing the productivity of spring durum wheat varieties in the Voronezh region lies in increasing the productivity of the ear due to the grain size and the size of the flag and pre-flag leaves, which can most likely be achieved by intensive varieties of foreign and Krasnodar breeding.

Keywords: spring durum wheat, variety, productivity, stability, morphology, evaluation.

Введение

В настоящее время остро стоит проблема обеспечения не только регионов России качественным зерном пшеницы, но и все увеличивающейся доли экспорта пшеницы нуждающимся странам. Известно, что каждый регион характеризуется определенным комплексом природных условий, в том числе спецификой проявления благоприятных и экстремальных экологических факторов. Биоклиматический и хозяйственный потенциал ЦЧР позволяет выращивать высококачественное зерно яровой твердой пшеницы. В России селекция твердой пшеницы была начата с 1911-1913 гг. на основанных в то время опытных станциях в Поволжье: Саратовской, Безенчукской и Краснокутской (Голик В.С., 1996). В Центрально-Черноземных областях в 50-х годах был районирован широко распространенный сорт твердой пшеницы Турка, создан сорт Чакинская 226. В условиях Каменной степи (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ») начальный этап селекции с 70-х годов прошлого века ознаменовался районированием сортов: Светлана и рядом Воронежских номерных.

Основное требование современного этапа селекции яровой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения является сочетание хорошей засухоустойчивости с высокой потенциальной продуктивностью. «Ибо без первой нельзя получить удовлетворительной продуктивности в сухие годы, а без второй – эффективно использовать благоприятные условия влажных лет» (Кумаков В.А., 1980). По мнению Жученко А.А. (2004 г.) важнейшей задачей науки на современном этапе является мобилизация адаптивного потенциала растений. Адаптивность признаков продуктивности сортов формируется в процессе их создания под воздействием условий среды, хозяйственных компонентов исходного материала и направленности отбора [1, 2]. Показателем, характеризующим устойчивость проявления гомеостатических реакций в разных условиях внешней среды, является показатель индекса стабильности (Хангильдин В.В., 1978, 1986). Он представляет собой отношение средней величины признака к среднеквадратическому отклонению в определенных условиях. Сорта с более высокими индексами характеризуются как более стабильные, т.е. более приспособленные к данным условиям.

В связи с медленным набуханием семян и слабым развитием стержневой корневой системы срок посева твердой пшеницы должен быть более ранним. Ее урожай формируется в основном за счет накопления биомассы главного побега. Колос имеет высокую плотность, зерно формируется крупное, высокой стекловидности с большим содержанием белка и клейковины. В то же время твердая пшеница предъявляет повышенные требования к температурному режиму в период формирования и налива зерна.

Исходный материал является предметом постоянного и повышенного внимания селекционеров, т.к. от его компонентов во многом зависит результативность селекции. В современных условиях изменяются и усложняются требования к исходному материалу. При подборе родительских пар для скрещивания основное внимание уделяется возможности

Материал и методы исследований

Изучение сортов яровой твердой пшеницы различного происхождения проведено в центральной части Воронежской области (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ») в 2021 - 2024 годах. Почва селекционного севооборота представлена типичным среднемощным, среднегумусным черноземом. Содержание гумуса 6,4-6,8%, реакция среды нейтральная - рН_{КС} в пределах 6,5-6,8, гидролитическая кислотность Нг= 1,2-1,5 ммоль экв/100г. Показатели содержания общих форм азота – 0,31%, фосфора – 0,118% и калия – 1,73%. Метеорологические условия проведения опытов за периоды вегетации 2021-2024 годов были разнообразными, характеризовались засушливыми периодами с аномально высокими температурами в разные фазы вегетации. Условия избыточного увлажнения отмечались в первой половине вегетации 2021 года, с явлением полегания и последующими ростингибирующими температурами при наливе зерна. Холодные дни майской вегетации в 2022 году не позволили активно развиваться растениям пшеницы на ранних этапах, однако в последующем благоприятные температуры и осадки позволили сформировать хорошую продуктивность. Переувлажнение почвы негативно отразились на сроках посева в 2023 году, последующее резкое повышение температуры негативно отразилось на конечной урожайности. Период вегетации 2024 года сложился крайне неблагоприятно: посевы в период кущения повредились морозом (-6, -7°C), затем наблюдался засушливый период до колошения (ГТК – 0,48). Таким образом, метеоусловия вегетационных периодов яровой пшеницы за 2021-2024 годы объективным образом характеризуют спектр разнообразия погодных условий центральной части Воронежской области.

Коллекционные образцы яровой пшеницы твердых сортов были проанализированы за годы изучения по группам: сорта Воронежского ФАНЦ (Светлана, Елань, Воронежские 9, 11, 13) Алтайской (Алтайский янтарь, Алейская, Салют Алтая, Памяти Янченко, Алтайка), юга европейской части: Краснодар, Ростов (Ник, Лилёк, Донская элегия, Николаша, Крассар) и Казахстанской селекции (Корона, Дамсинская янтарная, Рая, Казахстанская янтарная, Карагала 71) иностранные сорта (Grosby, Vernum, Radur, Mindum, Maliani 1). Стандартом служил сорт твердой пшеницы Донская элегия. Изученные сорта (в каждой группе по 5 образцов) принадлежат к широко распространенным устойчивым генотипам, приспособленным к месту происхождения. Изучены основные хозяйственно-морфологические признаки, размеры флагового и второго сверху листьев и рассчитаны общеизвестные индексы, более подробно характеризующие производственный процесс у растений пшеницы разных сортов. Эти индексы состоят из отношений массы зерна с колосом к разным элементам структуры растения: продуктивности - к массе колоса с зерном и мякиной, микрораспределений - к массе мякины, канадский – к длине колоса, мексиканский – к высоте растения (%).

Учетная площадь делянки составила 1 м² в трехкратной повторности. Посев производился селекционной сеялкой СУ-10, норма высева 520 зерен на 1 м², уборка – малогабаритным комбайном «Хеге-125». Анализ сортов по группам проведен по методикам Доспехова Б.А. (1985 г) и Пакудина В.З., Лопатиной Л.М. (1984 г). Площадь флагового и предфлагового листьев у 10 растений определялась в фазу колошения по методике В.В. Аникеева и Ф.Ф. Кутузова. В наших исследованиях был использован рассчитанный коэффициент стабильности, представляющий отношение среднего значения признака к диапазону его изменчивости по годам.

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения, представленные в таблицах 1 и 2, позволили выделить две группы сортов наиболее продуктивных в условиях центральной части Воронежской области. Высокую продуктивность с квадратного метра в среднем за четыре года (2021-2024) сформировали сорта из Краснодара и Алтайские образцы: 339,2 и 338,0 г/м². Сорта первой группы, представленные образцами южного происхождения (Краснодар, Ростов), проявили высокую стабильность при формировании продуктивности зерна по годам – 2,16. Низкую

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. продуктивность сформировали сорта из Воронежского ФАНЦ и Казахстана: 292,4-294,0 г/м², наиболее высокой стабильностью показателя отличились сорта из Казахстана – 2,37. Минимальную стабильность продуктивности в опыте показывали сорта иностранной селекции из США и Италии – 1,12.

Таблица 1

Хозяйственно-морфологическая характеристика сортов яровой твердой пшеницы

Происхождение	Масса зерна, г/м ²	Высота растений, см	Элементы колоса				
			длина, см	масса, г	кол-во зерен, шт.	масса зерна, г	Масса 1000 зерен, г
<i>Краснодар</i> <i>Ростов</i>	339,2	83,8	5,28	1,39	24,1	0,98	40,6
	2,16*	4,13	5,87	2,67	4,56	1,88	7,81
Вклад в изменчивость	4,35	5,56	3,66	8,23	7,22	8,57	5,56
<i>Алтай</i>	338,0	91,1	5,37	1,29	22,7	0,90	39,8
	1,58	4,72	5,71	5,86	4,23	6,0	5,38
Вклад в изменчивость	4,88	3,82	4,28	5,79	4,28	5,95	5,69
<i>Воронеж</i>	292,4	88,9	5,30	1,22	22,8	0,85	38,0
	1,49	5,81	4,81	6,78	4,30	6,54	6,78
Вклад в изменчивость	5,74	4,12	5,46	6,85	5,30	7,10	6,25
<i>Казахстан</i>	294,0	93,4	5,38	1,22	23,2	0,86	37,7
	2,37	4,81	4,37	2,71	4,31	2,32	10,80
Вклад в изменчивость	4,47	7,72	5,27	9,28	8,25	9,40	5,45
<i>Иностранные</i>	316,3	87,8	5,15	1,31	22,6	0,93	41,1
	1,12	3,29	9,9	1,00	4,39	2,27	6,13
Вклад в изменчивость	5,65	8,65	6,94	9,35	8,96	9,79	6,48
HCP ₀₅	30,5	3,2	0,14	0,06	1,24	0,05	1,15

Примечание: * – здесь и далее: коэффициент стабильности

Наиболее продуктивные сорта твердой пшеницы из Краснодара и Ростова были более низкорослыми – 83,8 см в среднем по годам, имели колосья средней длины, но формировали лучший комплекс колоса: масса колоса и зерна, количество зерен и масса 1000 зерен. Причем следует отметить, что стабильность показателей количества зерен в колосе и массы 1000 шт. была по годам высокой: 4,56 и 7,81 соответственно. По мнению исследователей, занимающихся селекцией яровой пшеницы, наиболее важным хозяйственном признаком в структуре продуктивности является масса зерна с главного колоса. В среднем этот показатель у южной группы сортов был высоким, но проявил низкую стабильность по годам: 1,88. Также растения этой группы имели высокие показатели площади флагового и предфлагового листьев: 11,1 и 9,14 см² (табл. 2).

Образцы Алтайской группы и сорта из Казахстана были наиболее высокорослыми (91,1 и 93,4 см) с повышенными значениями длины колоса (5,37-5,38 см). Сорта Воронежского ФАНЦ, в основном не включенные в Реестр, по высоте растений были максимально приближены к иностранным сортам, формировали довольно значимый по длине колос, но имели не высокое количество зерен в колосе и низкую массу 1000 шт. Иностранные сорта при средних в опыте продуктивности с квадратного метра (3,16 г/м²) и высоте растений – 87,4 см, формировали максимальную массу 1000 зерен – 41,1 г и высокие показатели

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. площади флагового и предфлагового листьев: 11,5 и 9,2 см² (табл. 2). Минимальные размеры верхних листьев имели менее продуктивные группы сортов из Воронежа и Казахстана.

Таблица 2

Физиологические показатели сортов яровой твердой пшеницы

Происхождение	Площадь, см ²		Индексы			Масса мякины, %	
	Флаго-вого листа	2-го верхн листа	Продуктивности	Канад-ский	Микро-распределен.		
Краснодар	11,1	9,14	0,70	0,187	2,38	1,15	30,3
	2,72*	8,31	7,0	1,54	1,87	2,35	2,91
Вклад в изменчивость	3,9	4,06	7,97	8,84	8,08	7,34	-
Алтай	10,5	8,9	0,70	0,169	2,32	1,00	30,9
	3,62	5,24	35,0	3,30	1,16	3,02	6,44
Вклад в изменчивость	3,31	2,59	3,87	6,48	3,73	6,01	-
Воронеж	9,3	8,8	0,70	0,161	2,33	0,96	30,0
	4,89	4,63	35,0	4,47	1,37	3,20	20,0
Вклад в изменчивость	3,95	3,48	4,76	6,51	5,11	7,59	-
Казахстан	9,4	8,4	0,70	0,161	2,36	0,92	29,8
	2,51	3,65	14,0	2,20	4,00	3,07	5,9
Вклад в изменчивость	5,98	6,55	7,92	7,86	8,03	8,78	-
Иностранные	11,5	9,2	0,71	0,180	2,47	1,05	29,6
	1,92	5,05	5,9	2,90	1,61	3,88	2,39
Вклад в изменчивость	4,17	6,37	8,82	9,22	8,74	7,23	-
HCP₀₅	0,69	0,28	0,01	0,01	0,12	0,04	1,16

Показатели массы 1000 зерен по годам у всех изученных групп сортов довольно сильно варьируют. Наиболее высокие средние значения получены у иностранных сортов: 41,1 г (38,5-45,2 г), самые низкие у сортов из Казахстана: 37,7 г (36,2-39,7 г), которые обладали высокой стабильностью признака по годам – 10,8. Наиболее низкая стабильность признака массы зерновок отмечена у образцов Алтайского происхождения: 5,38. Был рассчитан важный для характеристики микрораспределений в колосе показатель содержания мякины (%), который в среднем по группам сортов различался незначительно: от 29,6% у самых крупнозерных иностранных сортов, до 30,9% – у алтайских (табл. 2). Отмечено, что у более крупнозерных иностранных и сортов южной части России (Краснодар и Ростов) стабильность содержания мякины в колосе по годам была низкой: 2,39-2,91. Очень высокая стабильность обсуждаемого показателя отмечена у сортов местной селекции (Воронежский ФАНЦ) – 20,0, что говорит о более высокой адаптивности селекционного материала. Расчетные индексы: продуктивности, микрораспределений, канадский и мексиканский, предлагаются для более подробной характеристики производственного процесса у растений пшеницы. Изученные группы сортов по индексу продуктивности значительно не отличались (0,70-0,71), индекс микрораспределений был более высоким за годы изучения у иностранных сортов: 2,47. Канадский и мексиканский индексы, характеризующие продуктивность единицы колоса и стебля наиболее значимы у группы краснодарских и ростовских сортов: 0,187 и 1,15 соответственно.

Как и следовало ожидать, максимальный коэффициент пластичности показателя продуктивности (масса зерна с м²), расчетанный по методике Пакудина В.З., отмечен у иностранных сортов, отзывчивых на улучшение условий произрастания – $b_i = 1,49$ (табл. 3),

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. наиболее продуктивные из них: Mindum и Miliani 1 с урожайностью 330,5 и 355,2 г/м², со средним коэффициентом пластичности по годам (1,04-1,07). Сорта из Казахстана максимально экстенсивны ($b_i = 0,60$), более высокую продуктивность и пластичность проявляет в наших условиях сорт Дамсинская янтарная – 345,5 г/м². Сорта других групп в среднем по годам проявляют пластичность среднего уровня, однако в пределах группы отмечены продуктивные сорта с высокой степенью отзывчивости на благоприятные метеоусловия: Лилёк (Краснодар), при урожайности 393,0 г/м², Алтайский янтарь – 373,8 г/м². Наиболее продуктивный сорт из местных образцов Воронежская 13 (372,2 г/м²) не обладает интенсивным характером генотипа: $b_i = 0,47$, высоко гомеостатичен, что снижает его потенциальные возможности. Стандартный сорт Донская элегия при урожайности 352,5 г/м² показывал пластичность на уровне $b_i = 0,80$, характеризовался высокой стабильностью по годам.

Таблица 3

Показатели пластичности и стабильности по группам сортов, 2021-2024 гг.

Группы по происхождению	Среднее, г/м ² X	Пластичность, b_i	Коэффициент вариации, %	Гомеостатичность, H_{om}	Стандартное отклонение, σ
Краснодар, Ростов	339,22	0,93	22,4	7,69	82,65
Алтай	338,0	1,04	29,0	5,69	93,80
Воронеж	292,4	0,94	27,7	5,35	81,44
Казахстан	294,0	0,60	17,1	13,69	51,01
Иностранные	316,3	1,49	35,2	2,85	124,25
Годы изучения	2021	2022	2023	2024	
Среднее значение, X_j	291,78	427,14	230,54	314,58	
Индекс среды, I_j	-24,23	111,13	-85,47	-1,43	

Вышеизложенные данные позволяют сделать вывод, что резервы повышения продуктивности сортов яровой твердой пшеницы в условиях Воронежской области состоят в увеличении продуктивности колоса за счет крупности зерна и величины флагового и предфлагового листьев, что с большой долей вероятности могут привнести интенсивные сорта иностранной и краснодарской селекции.

В наших исследованиях использован показатель вклада каждого признака в корреляционную изменчивость, представляющий собой сумму абсолютных значений коэффициентов корреляции (табл. 3, рис.). Чем интенсивнее вовлекается изучаемый признак в процесс роста и развития растений, тем выше его значимость в формировании хозяйствственно-морфологических элементов и в целом конечной продуктивности. Этот процесс с более высокой вероятностью отражается в корреляционной матрице. Анализ полученных значений позволил выделить изученные показатели, у которых суммы вкладов по представленным группам отличаются незначительно: гидротермический коэффициент до колошения (3,77-5,57), масса зерна с м² (4,35-5,74), масса тысячи зерен (5,45-6,48). Представленные группы сортов реагируют на условия выращивания с одинаковой напряженностью производственного процесса:

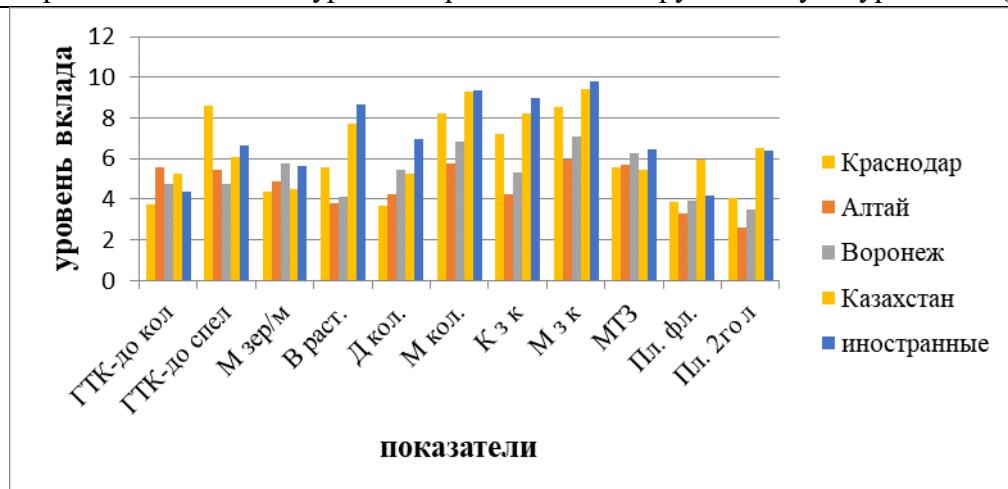


Рис. Диаграмма суммы вкладов признаков в общую изменчивость

Примечание: ГТК-до кол. – гидротермический коэффициент до колошения, ГТК-до спел. - гидротермический коэффициент от колошения до спелости, М зер/м – масса зерна с м^2 , В раст – высота растений, Д кол – длина колоса, М кол – масса колоса, К з к – количество зерен в колосе, М з к – масса зерна с колоса, МТЗ – масса 1000 зерен, Пл. фл. – площадь флагового листа, Пл. 2го л – площадь второго сверху листа.

Высокой изменчивостью (сумма вклада – 8,63) ответили на повышение ГТК до спелости (рост и налив зерновки) краснодарские образцы, созданные в более комфортных по влагообеспеченности условиях. Высокие вклады отмечены у краснодарских, казахстанских и иностранных сортов по элементам продуктивности колоса: масса колоса (8,23-9,35), количество (7,22-8,96) и масса зерна (8,57-9,79) с колоса, по сравнению с алтайскими и воронежскими образцами (4,28-6,85). Также проявляют напряженность при формировании продуктивности образцы из Казахстана и иностранные сорта по высоте растений (7,72-8,65) и площади второго листа (6,55-6,37), казахстанские сорта еще и по площади флага (5,98). Сорта алтайского и воронежского происхождения характеризовались более низкими вкладами по всем изученным признакам, что в целом говорит о их более высокой приспособленности к местным условиям выращивания.

Заключение

Высокую продуктивность с квадратного метра в среднем за четыре года (2021-2024) сформировали сорта из Краснодара и Алтайские образцы: 339,2 и 338,0 $\text{г}/\text{м}^2$. Низкая продуктивность в среднем погодам отмечена у сортов Воронежского ФАНЦ и Казахстана: 292,4-294,0 $\text{г}/\text{м}^2$. Иностранные образцы занимали промежуточное положение: 316,3 $\text{г}/\text{м}^2$.

Максимальный коэффициент пластиичности показали иностранные сорта, отзывчивые на улучшение условий произрастания ($b_i = 1,49$), наиболее продуктивные из них – Mindum и Miliani 1 с урожайностью 330,5 и 355,2 $\text{г}/\text{м}^2$. Сорта из Казахстана максимально экстенсивны ($b_i = 0,60$), более высокую продуктивность и пластиичность проявил в наших условиях сорт Дамсинская янтарная – 345,5 $\text{г}/\text{м}^2$. В других группах также отмечены продуктивные сорта с высокой степенью отзывчивости на благоприятные метеоусловия: Лилёк (Краснодар), при урожайности 393,0 $\text{г}/\text{м}^2$, Алтайский янтарь – 373,8 $\text{г}/\text{м}^2$. Наиболее продуктивный сорт из местных образцов Воронежская 13 (372,2 $\text{г}/\text{м}^2$) не обладает интенсивным характером генотипа: $b_i = 0,47$, высоко гомеостатичен, что снижает его потенциальные возможности.

Анализ вкладов признаков в общую изменчивость позволил выделить показатели, где суммы вкладов по представленным группам отличаются незначительно, т.е. группы сортов реагируют на условия среды с одинаковой напряженностью производственного процесса: гидротермический коэффициент до колошения, масса зерна с м^2 , масса тысячи зерен. Сорта алтайского и воронежского происхождения характеризовались более низкими вкладами по

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. всем изученным признакам, что в целом говорит о более высокой адаптивности к местным условиям выращивания.

Вышеизложенные данные показывают, что резервы повышения продуктивности сортов яровой твердой пшеницы в условиях Воронежской области состоят в увеличении продуктивности колоса за счет крупности зерна и величины флагового и предфлагового листьев, что с большой долей вероятности могут привнести интенсивные сорта иностранной и краснодарской селекции.

Литература

1. Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Пахотина И.В. Зависимость урожайности и качества зерна твердой яровой пшеницы от метеорологических факторов в южной лесостепи Западной Сибири. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 5 (71). – С. 26-31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31.
2. Барковская Т.А., Гладышева О.В. Сортовые особенности формирования урожайности и технологических показателей качества зерна у сорта яровой пшеницы Агата в зависимости от уровня влагообеспеченности. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 4 (70). – С. 9-13. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-9-13.
3. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Урожайность селекционных линий яровой твердой пшеницы, созданных в селекционных центрах России, в условиях Самарского НИИСХ// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – 4(52). – С. 128-138. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-128-138
4. Мясникова М.Г., Мальчиков П.Н., Чахеева Т.В. Значимость компонентов урожайности сортов яровой твердой пшеницы из России и Казахстана. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 5 (71). – С. 73-79. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-73-79.

References

1. Evdokimov M.G., Yusov V.S., Paxotina I.V. Zavisimost` urozhajnosti i kachestva zerna tverdoj yarovoj pshenicy ot meteorologicheskix faktorov v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri. [The dependence of the yield and grain quality of hard spring wheat on meteorological factors in the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Zernovoe khozyajstvo Rossii*. 2020, no. 5 (71), pp. 26-31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31. (In Russian)
2. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V. Sortovy'e osobennosti formirovaniya urozhajnosti i texnologicheskix pokazatelej kachestva zerna u sorta yarovoj pshenicy Agata v zavisimosti ot urovnya vlagooobespechennosti. [Varietal features of yield formation and technological indicators of grain quality in the spring wheat variety Agata depending on the level of moisture supply] *Zernovoe khozyajstvo Rossii*. 2020, no. 4 (70), pp. 9-13. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-9-13. (In Russian)
3. Ma'chikov P.N., Myasnikova M.G. Urozhajnost` selekcionny`x linij yarovoj tverdoj pshenicy, sozdanny`x v selekcionny`x centrax Rossii, v usloviyakh Samarskogo NIISX. [The yield of the selection lines of fierce solid wheat created in the breeding centers of Russia, in the conditions of the Samara NIIISH]. *Zernobobovye i krupyan'y'e kul'tury*. 2024, no. 4 (52), pp. 128-138. DOI: 10.24412/2309-348x-2024-4-128-138/ (In Russian)
4. Myasnikova M.G., Ma'chikov P.N., Chaxeeva T.V. Znachimost` komponentov urozhajnosti sortov yarovoj tverdoj pshenicy iz Rossii i Kazaxstana. [The importance of yield components of spring durum wheat varieties from Russia and Kazakhstan]. *Zernovoe khozyajstvo Rossii*. 2020, no. 5 (71), pp. 73-79. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-73-79 (In Russian)

СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В БЕЛКЕ СОРТОВ КОЛЛЕКЦИОННОГО ПИТОМНИКА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

И.Д. ФАДЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID: 0000-0002-8453-5437, E-mail: fad-ir2540@mail.ru

Ф.Ф. КУРМАКАЕВ, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-2217-3060,

E-mail: agronom131@mail.ru

А.Э. ТАГИРОВ, младший научный сотрудник, ORCID ID 0009-0002-9151-9264, artemiitagirov@gmail.com

А.Р. ХАЙРУЛЛИНА, научный сотрудник, ORCID ID 0009-0003-4530-041, E-mail: alsu_85@inbox.ru

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФГБНУ ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

Аннотация. В условиях республики Татарстан в 2022-2024 гг. проведено изучение 420 сортов озимой пшеницы коллекционного питомника с целью выявления сортов-источников высокого содержания незаменимых аминокислот для использования в селекционном процессе. Сорта выращивались по чистому пару. Под предпосевную культивацию вносили азотфоску 150 кг/га, весной в период возобновления вегетации – аммиачную селитру 100 кг/га. Содержание аминокислот и белка в зерне пшеницы определяли методом спектроскопии на приборе DS 2500F фирмы FOSS (Дания). Содержание белка рассчитывали на 14% влажность зерна. Наиболее высокое содержание белка в зерне получено в 2023 году - 16,8%. Среди семнадцати изученных аминокислот, содержание пролина составило 12,5%; глутамина - 12,0%; аргинина – 7,6%; лейцина – 7,00% и валина – 7,04% от общей суммы аминокислот в белке. В результате проведенных исследований, выделены сорта – источники высокого содержания аминокислот в белке: лизина – сорта Вымпел (3,64 г/100 г белка), Zira (3,46 г/100 г белка), Barkan (3,43 г/100 г белка), Zhong pin 1507 (3,44 г/100 г белка) и Lada odeska (3,43 г/100 г белка), что выше среднего значения по всем изученным сортам на 27,5...35,4%. По содержанию метионина в белке, превышающего среднее сортовое значение на 38,33...45,00%, выделились сорта CDC Clair (40,33 г/100 г белка) и KAW (38,33 г/100 г белка). Высокое содержание тирозина характерно для сортов Uzdyut (1,98 г/100г белка), Северо-донская имунная (2,05 г/100г белка) и NO2 Y 4529 (1,94 г/100г белка).

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, белок, аминокислоты, источник, коэффициент вариации

Для цитирования: Фадеева И.Д., Курмакаев Ф.Ф., Тагиров А.Э., Хайруллина А.Р. Содержание аминокислот в белке сортов коллекционного питомника озимой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):187-194 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-187-194

AMINO ACID CONTENT IN THE PROTEIN OF WINTER WHEAT VARIETIES FROM THE COLLECTION NURSERY

I.D. Fadeeva, F.F. Kurmakaev, A.E. Tagirov, A.R. Khairullina

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

Abstract: In the Republic of Tatarstan, in 2022-2024, a study of 420 winter wheat varieties from a collection nursery was conducted to identify varieties with high content of essential amino acids for use in the breeding process. The varieties were grown on bare fallow. Azofoska was added at 150 kg/ha during pre-sowing cultivation, and ammonium nitrate at 100 kg/ha in the spring

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
during the period of vegetation resumption. The content of amino acids and protein in wheat grain was determined by spectroscopy using a DS 2500F device from FOSS (Denmark). The protein content was calculated based on 14% grain moisture. The highest protein content in grain was obtained in 2023 - 16.8%. Among the seventeen amino acids studied, the content of proline was 12.5%; glutamine - 12.0%; arginine - 7.6%; leucine - 7.00% and valine - 7.04% of the total amino acids in the protein. As a result of the studies, the varieties were identified as sources of high amino acid content in protein: lysine - varieties Vympel (3.64 g / 100 g protein), Zira (3.46 g / 100 g protein), Barkan (3.43 g / 100 g protein), Zhong pin 1507 (3.44 g / 100 g protein) and Lada odes,ka (3.43 g / 100 g protein), which is higher than the average value for all studied varieties by 27.5 ... 35.4%. According to the content of methionine in protein, exceeding the average varietal value by 38.33 ... 45.00%, varieties CDC Clair (40.33 g / 100 g protein) and KAW (38.33 g / 100 g protein) stood out. High tyrosine content is characteristic of the varieties Uzdy (1.98 g/100 g protein), Severo-Donskaya Imunnaya (2.05 g/100 g protein) and NO2 Y 4529 (1.94 g/100 g protein).

Keywords: winter wheat, variety, protein, amino acids, source.

Введение

Пшеница является одной из основных зерновых культур в мире и ее качество напрямую связано со здоровьем человека [1]. Увеличивающийся мировой спрос на данную культуру основан на способности производить уникальные продукты питания и растущем их потреблении в условиях индустриализации. В частности, уникальные свойства фракции глютена позволяют перерабатывать пшеницу для производства хлеба, других хлебобулочных и макаронных изделий, а также ряда функциональных ингредиентов [2]. Пищевая ценность белка определяется его аминокислотным составом, что важно для регулирования роста, поддержания, восстановления и замены тканей организма человека. Однако, незаменимые аминокислоты не могут быть синтезированы нашим организмом и, следовательно, должны поступать с пищей [3, 4, 5, 6].

Анализируя взаимосвязь между содержанием белка пшеницы и его аминокислотным составом, ученые приходят к заключению, что с увеличением массовой доли белка увеличивается содержание глутамина и пролина, а содержание аргинина часто снижается. Увеличение нормы минеральных удобрений приводит к росту содержания глутаминовой и аспарагиновой кислот до 5,6 и 1,2% соответственно, а содержание аргинина снижается до 1,0% [7]. Установлено также, что применение биопрепаратов на различных сельскохозяйственных культурах способствует увеличению содержания в них аминокислот, в том числе незаменимых [8, 9]. В процессе созревания зерна также происходит изменение аминокислотного состава белка [10,11].

Селекционное улучшение пшеницы путем изменения содержания более двух незаменимых аминокислот в белке вряд ли возможно, поэтому необходимо уделить внимание одним из наиболее дефицитных: лизину, метионину, треонину и триптофану [12]. По данным исследователей, сорта пшеницы показывают однородный профиль незаменимых аминокислот, который характеризуется более низкими концентрациями треонина, лизина и метионина, а лейцин имеет самое высокое значение среди них [13]. Пролин (Pro), являясь важным осмотически регулирующим веществом, тесно связан с холдоустойчивостью растений. При низкой температуре содержание пролина увеличивается, что способствует эффективному увеличению концентрации клеточной жидкости, снижению температуры замерзания клеток и уменьшению летальности протоплазмы, поврежденной замораживанием в условиях низкой температуры, что помогает защитить целостность и стабильность клеточных мембран и повысить холдоустойчивость растений [14].

Цель исследования – определение содержания аминокислот в белке зерна озимой пшеницы различного географического происхождения и выявление сортов-источников высокого содержания незаменимых аминокислот для использования в селекционном процессе.

Материал и методы исследования

Объектом исследований являлись 420 сортов коллекционного питомника озимой мягкой пшеницы из России, Украины, Белоруссии, Китая, Германии, Швеции, Польши,

Канады, Болгарии, Сербии, США, Словакии, Казахстана. Полевые исследования проводились в Лаишевском районе Республики Татарстан на серой лесной почве в 2022-2024 годах. Предшественник - чистый пар. Под предпосевную культивацию вносили азофоску 150 кг/га, весной в период возобновления вегетации – аммиачную селитру 100 кг/га. Посев проводили кассетной сеялкой Hege 90 (Германия). Площадь делянки 1 м². Норма высева 5,5 млн. всхожих зерен на 1 га. Уборка проводилась комбайном Wintersteiger-BIM «Classic» (Россия). Содержание аминокислот и белка в зерне пшеницы определяли методом ИК спектроскопии на приборе DS 2500F фирмы FOSS (Дания), валидация и градуировка соответствовала ГОСТ ISO 12099-2017 («Корма, зерно и продукты его переработки. Руководство по применению спектрометрии в ближней инфракрасной области» Москва: Стандартинформ, 2020. – 23 с.). Содержание белка рассчитывали на 14% влажность зерна. Математическая и статистическая обработка результатов исследований проводилась по методике Б.А. Доспехова (1985, 2011).

Метеорологические условия осенне-зимнего периода в годы проведения опытов не влияли на перезимовку сортов коллекционного питомника. Возобновление вегетации озимой пшеницы в 2022 году отмечено во вторую декаду апреля (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия весенне-летней вегетации озимой пшеницы

Период	Температура выше +10 °C, °C			Осадки, мм			Фаза развития растений
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	
Апрель	41	191	228	23	0	21,5	Кущение
Май	181	465	242	60	81	39,5	Трубкование
Июнь	534	562	633	27	7	50,0	Колошение – цветение
Июль	658	667	460	64	73	2,5	Налив зерна-созревание
За период апрель-июль	1414	1888	1563	174	161	117,5	
ГТК	1,23	0,85	0,75				

В третью декаду апреля 2022 года сложились метеоусловия с большим количеством осадков, благоприятные для отрастания корневой системы и формирования дополнительных побегов кущения. Гидротермический коэффициент за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы в 2022 году составил 1,23 (обеспеченное увлажнение).

Возобновление вегетации озимой пшеницы в 2023 году отмечено в первую декаду апреля, а 18 апреля – переход температуры воздуха через 10°C. Выпавшие в первую декаду мая осадки (60 мм) привели к дополнительному продуктивному кущению растений озимой пшеницы. В июне наблюдался дефицит осадков, а выпавшие в 1 декаду июля осадки в период налива зерна (20 мм) позволили сформировать крупное высоко наатурное зерно. Гидротермический коэффициент за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы в 2023 году составил 0,85 (засушливые условия). В июне 2024 года температуры воздуха превысили среднемноголетние значения на 9,9°C. Максимальные температуры воздуха достигали 33,1°C, а в первую декаду июля – 35,6°C. Высокие температуры и пониженная влажность воздуха привели к сокращению периода вегетации растений на 10-12 дней. Гидротермический коэффициент за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы в 2024 году составил 0,75 (засушливые условия вегетации).

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что 50,9% сортов коллекционного питомника характеризовались очень высоким содержанием белка; 34,6% сортов имели высокое содержание белка в зерне (рис. 1).

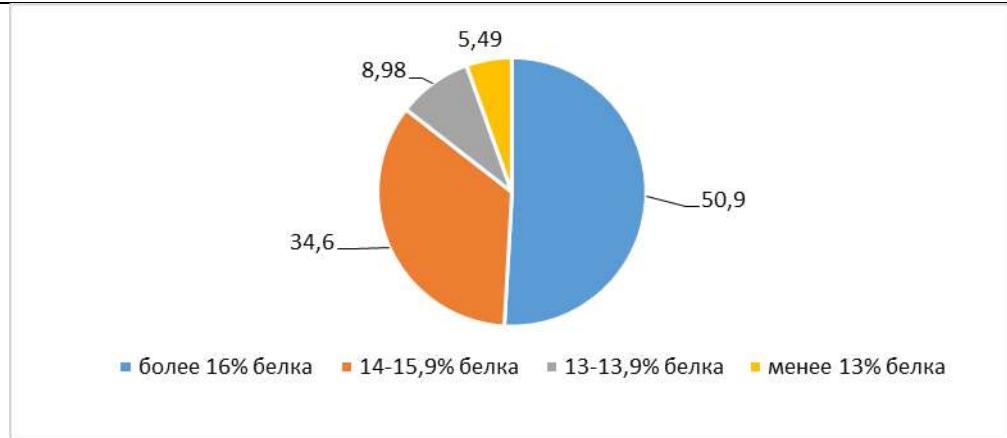


Рис. 1. Доля сортов озимой пшеницы с различным содержанием белка (среднее за 2022-2024 гг.), %

Содержание белка в зерне варьировало у сортов в 2022 году от 12,9% до 18,7% (CV=6%); в 2023 году от 14,5 до 18,7% (CV=5%), в 2024 году от 14 до 18,9% (CV=9%). Наиболее высокое значение данного показателя в среднем по изучаемым сортам было получено в 2023 году и составило 16,8%. Самыми белковыми были сорта Универсиада (Россия) – 18,7%, Long zhong (Китай) – 18,5%, Казанская 84 (Россия) – 18,4%, Офелия (Россия) – 18,3%, Zhong pin 1507 (Китай) – 18,3% и Eroica II (Швеция) – 18,0%.

Максимальные значения суммы аминокислот в белке были получены в 2022 и 2024 годах - 61,81 г/100 г и 61,96 г/100 г белка соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Содержание аминокислот в белке пшеницы сортов коллекционного питомника, г/100 г белка

Аминокислота	Среднее по сортам			Среднее по годам	Коэффициент вариации, CV, %		
	2022	2023	2024		2022	2023	2024
Аланин	3,67	3,13	3,75	3,52	11,41	11,53	20,06
Аргинин	4,47	4,62	4,57	4,55	4,97	7,95	10,68
Цистеин	3,19	3,54	3,07	3,27	10,4	8,35	11,98
Глутамин	7,79	5,37	8,43	7,20	19,36	32,7	16,97
Глицин	3,38	3,09	3,36	3,28	5,70	7,81	7,3
Гистидин	2,50	1,68	2,35	2,18	7,76	9,68	9,57
Изолейцин	2,96	2,66	2,96	2,86	7,68	6,47	13,41
Лейцин	3,85	4,26	4,38	4,16	13,04	10,19	22,31
Лизин	2,93	2,29	2,84	2,69	13,15	16,45	18,66
Метионин	1,18	0,68	1,14	1,00	16,27	29,12	15,98
Фенилаланин	3,70	3,35	3,6	3,55	8,44	6,27	12,30
Пролин	7,70	7,44	7,33	7,49	7,23	8,27	7,57
Серин	3,89	3,48	3,76	3,71	5,46	5,77	6,61
Треонин	3,02	2,63	3,02	2,89	7,47	7,93	10,9
Триптофан	1,69	1,86	1,48	1,68	3,04	8,09	8,78
Тирозин	1,70	1,28	1,74	1,57	9,60	17,30	18,23
Валин	4,18	4,25	4,17	4,20	4,14	4,75	6,61
Сумма аминокислот	61,81	55,61	61,96	59,79	5,91	5,61	8,11

Среди семнадцати изученных аминокислот, содержание пролина составляло 12,5%; глутамина – 12,0%; аргинина – 7,6%; лейцина – 7,0% и валина – 7,0% от общей суммы аминокислот в белке. Необходимо отметить, что наиболее стабильным среди сортов было содержание валина (CV=4,14...6,61%) и серина (CV=5,46...6,61%). В 2023 году отмечены

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. значительные колебания между сортами озимой пшеницы содержания в белке аминокислоты глутамина (CV=32,7%) и метионина (CV=29,12%), а в 2024 году - лейцина (CV=22,31%).

Проведенный корреляционный анализ содержания белка и лизина в нём показал наличие слабой отрицательной связи в 2022 ($r= -0,20$), 2023 ($r= -0,17$), 2024 ($r= -0,33$) годах. Таким образом, сорта с высоким содержанием белка характеризовались меньшим содержанием лизина. Аналогичные данные были получены на ячмене Biel W. и E. Jacupo [15]. В селекции на увеличение содержания незаменимых аминокислот, необходимо учитывать их концентрацию в белке [12, 16, 17]. Наши исследования по изучению наиболее дефицитных аминокислот показали (табл. 3), что более высокое содержание лизина в белке имеют сорта Вымпел (3,64 г/100 г белка), Zira (3,46 г/100 г белка), Barkan (3,43 г/100 г белка), Zhong pin 1507 (3,44 г/100 г белка) и Lada odes'ka (3,43 г/100 г белка), что выше среднего значения по всем изученным сортам на 27,5...35,4%.

Таблица 3

Сорта – источники высокого содержания незаменимых кислот в белке

Амино-кислоты	Сорт	Происхождение	Содержание аминокислоты, г/100 г белка				+к среднему по сортам, %
			2022	2023	2024	Ср. по годам	
Лизин	Вымпел	Украина	3,87	3,42	3,64	3,64	35,3
	Zira	Украина	3,77	3,25	3,36	3,46	28,6
	Zhong pin 1507	Китай	3,51	3,38	3,42	3,44	27,8
	Barkan	Украина	3,45	3,20	3,64	3,43	27,5
	Lada odes'ka	Украина	3,08	3,41	3,79	3,43	27,5
	Среднее по сортам		2,93±0,39	2,29±0,38	2,84±0,53	2,69±0,3	
Метионин	CDC Clair	Канада	1,28	1,32	1,61	1,40	40,33
	KAW	США	1,46	1,31	1,38	1,38	38,33
	Среднее по сортам		1,18±0,19	0,68±0,20	1,14±0,18	1,00±0,23	
Тирозин	Северо-донская иммунная	Россия	2,11	1,79	2,24	2,05	29,81
	Uzdy	Украина	2,01	1,81	2,13	1,98	25,79
	NO2 Y 4529	США	1,98	1,74	2,10	1,94	23,04
	Среднее содержание по сортам		1,71±0,16	1,28±0,22	1,74±0,32	1,57±0,21	

В отношении содержания метионина в белке, превышающего средние сортовые показатели на 38,33...45,00%, выделяются следующие образцы: сорт CDC Clair с содержанием 40,33 г/100 г белка и сорт KAW с показателем 38,33 г/100 г белка. Высокое содержание тирозина характерно для сортов Uzdy (1,98 г/100 г белка), Северо-донская иммунная (2,05 г/100 г белка) и NO2 Y 4529 (1,94 г/100 г белка). Необходимо отметить, что более высокие значения содержания лизина, метионина и тирозина в белке, в среднем по всем изученным сортам, были получены в 2022 и 2024 годах, а самые низкие – в 2023 (ГТК=0,85) году. Таким образом, на содержание определенных аминокислот в белке оказывают влияние не только влага и температура за весь период весенне-летней вегетации, но также, видимо, их благоприятное сочетание по фазам развития растений.

Заключение

Полученные в результате исследований данные показывают наличие, в среднем по изученным сортам озимой пшеницы, высокого содержания пролина - 12,5%; глутамина - 12,0%; аргинина - 7,6%; лейцина - 7,0% и валина - 7,0% от общей суммы аминокислот в зерне. Различия между сортами озимой пшеницы по содержанию пролина (CV=3,23%...8,27%), валина (4,14%...6,61% и серина (CV=5,46%...6,61%) незначительны, что осложняет проведение отбора сортов с высоким содержанием данных аминокислот в белке. Наличие среднего уровня вариабельности между сортами по содержанию в белке лизина (13,4%...18,3%), тирозина (10,3%...19,1%) и метионина (16,7%...29,6%) позволяет выделить сорта-источники высокого содержания данных незаменимых аминокислот в белке для селекционного процесса.

В результате исследований выделены сорта-источники высокого содержания незаменимых аминокислот в белке: лизина - Вымпел (3,64 г/100 г белка), Zira (3,46 г/100 г белка), Barkan (3,43 г/100 г белка), Zhong pin 1507 (3,44 г/100 г белка) и (Lada odes'ka (3,43 г/100 г белка); тирозина - Uzdyim (1,98 г/100г белка), Северо-донская иммунная (2,05 г/100г белка) и NO2 Y 4529 (1,94 г/100г белка); метионина - CDC Clair (40,33 г/100 г белка) и KAW (38,33г/100 г белка).

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 125031003428-9 «Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокоценных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологически безопасной и функциональной продукции».

Литература

1. Hu X et al. Effects of Low Temperature on the Amino Acid Composition of Wheat Grains. *Agronomy*. 2022; 12. P. 1171. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051171>
2. Shewry PR, Hey SJ. The contribution of wheat to human diet and health. *Food Energy Secur.* 2015; 4: 178–202. <https://doi.org/10.1002/FES3.64>
3. Shewry PR. Wheat. *Journal of Experimental Botany*. 2009; 60 (6): 1537-1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp0580>
4. Zhang P et al. Effect of irrigation and nitrogen application on grain amino acid composition and protein quality in winter wheat. *Plos One*. 2017; 12(6): 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178494>
5. Зенькова М.Л. Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы. // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – № 49 (4). – С. 513-521. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521>
6. Фадеева И.Д. Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2025. – № 3 (55). – С. 132-137. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2025-3-132-137>
7. Чикишев Д.В., Абрамов Н.В., Ларина Н.С., Шерстобитов С.В. Формирование химического состава зерна яровой пшеницы при различном уровне минерального питания. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – № 10 (3). – С. 496-505. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-3-496-505>
8. Пахомов В.И., Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Рудой Д.В. Особенности технологии производства корма из зернового вороха при ранней и сверхранней уборке. // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 1. – С.16-19. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-1-16-19>
9. Лачуга Ю.Ф. и др. Исследование изменения аминокислотного состава зерновых колосовых культур в процессе созревания. // Инженерные технологии и системы. – 2023. – № 33(4). – С. 508-523. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202304.508-523>

10. Мельникова О.В. и др. Урожайность и аминокислотный состав зерна различных сортов ярового ячменя в зависимости от применения биопрепаратов. // Аграрная наука. – 2022. – № 362 (9). – С. 137-142. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-137-142>
11. Сафина Р.Р., Окунев Р.В., Рахманова Г.Ф., Гарафутдинова К.Р. Содержание аминокислот в растениях томата при применении препаратов Глутамат натрия и Аминозол в условиях солевого стресса. // Аграрная наука. – 2023. – №. 377 (12). – С. 124-128. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-124-128>
12. Асхадуллин Дамир Ф., Асхадуллин Данил Ф., Василова Н.З., Зуев Е.В., Хайруллина А.Р. Содержание аминокислот в зерне образцов яровой мягкой пшеницы. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 2. – С. 25-39. <https://doi.org/10.31857/S2500262723020084>
13. Yiğit A, Erekul O. Antioxidant Activity and Essential Amino acid Content of Bread Wheat (Triticum aestivum L.) Varieties. Journal of Agricultural Sciences (Tarim Bilimleri Dergisi. 2023; 9(1): 130-141. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.999660>
14. Gomez F, Oliva MA, Mielke MC, Almeida A-AF, Aquino LA. Osmotic adjustment, proline accumulation and cell membrane stability in drought-stressed Cocos nucifera leaves. *Scientia Horticulturae*. 2010; 126 (3): 379-384. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.07.036>
15. Biel W, Jacyno E. Chemical composition and nutritive value of spring hulled barley varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013; 19 (4): 721-727.
16. Simon SL. Amino acids and biogenic amines as food quality factors. *Pure and Applied Chemistry*. 2019; 91(2): 289-300. <https://doi.org/10.1515/pac-2018-0709>.
17. Gorissen SHM et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*. 2018; 50: 1685-1695. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>.

References

1. Hu X et al. Effects of Low Temperature on the Amino Acid Composition of Wheat Grains. *Agronomy*, 2022, no.12, pp. 1171. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051171>
2. Shewry P.R., Hey S.J. The contribution of wheat to human diet and health. *Food Energy Secur*, 2015, no. 4, pp. 178–202. <https://doi.org/10.1002/FES3.64>
3. Shewry P.R. Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 2009, no. 60 (6), pp.1537-1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>
4. Zhang P et al. Effect of irrigation and nitrogen application on grain amino acid composition and protein quality in winter wheat. *Plos One*, 2017, no. 12(6), pp. 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178494>
5. Zenkova M.L. Mineral and Amino Acid Composition of Germinated and Canned Wheat Grains. *Pishchevaya promyshlennost': metody i tekhnologii*, 2019, no.49 (4), pp. 513–521. (In Russian). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521>
6. Fadeeva I.D. Amino acid content in winter wheat grain. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*, 2025, no. 3 (55), pp. 132-137. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2025-3-132-137>.
7. Chikishev D.V., Abramov N.V., Larina N.S., Sherstobitov S.V. Chemical composition of spring wheat at different levels of mineral nutrition. *Izvestiya universitetov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2020, no.10 (3), pp. 496–505. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-3-496-505>
8. Pakhomov V.I., Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N., Rudoy D.V. Features of the Process for Fodder Production of Grain Heap at Early and Very Early Harvesting. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*, 2021, no. (1), pp.16–19. (In Russian) <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-1-16-19>
9. Lachuga YuF et al. Study of Changes in the Amino Acid Composition of Spiked Cereals during the Ripening Process. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy*, 2023, no. 33 (4), pp. 508–523. (In Russian) <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202304.508-523>
10. Melnikova O.V. et al. Yield and amino acid composition of grain varieties of spring barley, depending on the use of biological products. *Agrarnaya nauka*, 2022, no. 362 (9), pp. 137–142. (In Russian).<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-137-142>

11. Safina R.R., Okunev R.V., Rakhmanova G.F., Garafutdinova K.R. The content of amino acids in tomato plants when using the preparations “Monosodium Glutamate” and “Aminozol” in conditions of salt stress. *Agrarnaya nauka*. 2023; 377(12): 124–128 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155 2023-377-12-124-128>
12. Askhadullin Damir F., Askhadullin Danil F., Vasilova N.Z., Zuev E.V., Khairullina A.R. Amino acid content in the grain of spring soft wheat samples. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*, 2023, no. 2, pp. 25-39. (In Russian) <https://doi.org/10.31857/S2500262723020084>
13. Yiğit A., Erekul O. Antioxidant Activity and Essential Amino acid Content of Bread Wheat (*Triticum aestivum L.*) Varieties. *Journal of Agricultural Sciences (Tarim Bilimleri Dergisi)*, 2023, no. 9(1), pp. 130-141. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.999660>
14. Gomez F., Oliva M.A., Mielke M.C., Almeida A-AF., Aquino LA. Osmotic adjustment, proline accumulation and cell membrane stability in drought-stressed *Cocos nucifera* leaves. *Scientia Horticulturae*, 2010, no. 126 (3), pp. 379-384. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.07.036>
15. Biel W., Jacyno E. Chemical composition and nutritive value of spring hulled barley varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2013, no.19 (4), pp. 721-72.
16. Simon S.L. Amino acids and biogenic amines as food quality factors. *Pure and Applied Chemistry*, 2019, no. 91(2), pp. 289–300. <https://doi.org/10.1515/pac 2018-0709>.
17. Gorissen S.H.M. et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*, 2018, no. 50, pp. 1685–1695. <https://doi.org/ 10.1007/s00726-018-2640-5>.

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И СОДЕРЖАНИЯ ПРОТЕИНА У ПШЕНИЦЫ, РЖИ И ТРИТИКАЛЕ

Н.С. ШПИЛЕВ, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-2269-5013,
E-mail: shpilev.ns@yandex.ru

Л.В. ЛЕБЕДЬКО, старший преподаватель, ORCID: 0000-0002-1027-4457,
E-mail: liudmila.lebedko@yandex.ru

В.Е. ТОРИКОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-0317-6410,
E-mail: torikov@bgsha.com

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. В статье рассмотрены варианты, объясняющие существование достоверной отрицательной корреляции между содержанием протеина и урожайностью пшеницы, ржи и тритикале. Приведены количественные соотношения сильных сортов озимой мягкой пшеницы по отношению к общему списку сортов, допущенных к производственному использованию. Экспериментальные данные были получены в условиях юго-западной части Центрального региона с использованием новых сортов пшеницы, ржи и тритикале в 2023-2024 гг. Показана возможность использования первого закона термодинамики в биологии для объяснения отрицательной достоверной корреляции урожайности и содержания протеина. Полученные данные показывают, что коэффициент корреляции у ржи между урожайностью и содержанием протеина в среднем за годы исследования составил 0,609, у озимой мягкой пшеницы – 0,713, у тритикале – 0,561. Наибольшей урожайностью у ржи характеризовались гибриды первого поколения, средняя урожайность составила – 5,56 т/га, а сортов – 4,29 т/га. Средняя урожайность пшеницы – 6,13 т/га, тритикале – 7,06 т/га. Содержание протеина у ржи составило 11,2%, у пшеницы 13,3%, тритикале – 14,5%. Максимальное количество протеина с 1 гектара было получено при возделывании тритикале, которое в среднем составило 1,04 т/га, в то время как при возделывании пшеницы этот показатель равнялся 0,81 т/га, а ржи – 0,49 т/га. При этом урожайность сортов и гибридов изучаемых культур в большей степени влияла на сбор протеина с единицы площади. Исходя из характеристики белковости (содержания протеина) зерна подбор сортов необходимо осуществлять по назначению использования урожая.

Ключевые слова: гибрид, сорт, протеин, корреляция, урожайность.

Для цитирования: Шпилев Н.С., Лебедько Л.В., Ториков В.Е. Корреляционная закономерность урожайности и содержания протеина у пшеницы, ржи и тритикале. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):195-201 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-195-201

CORRELATION REGULARITY OF YIELD AND PROTEIN CONTENT IN WHEAT, RYE AND TRITICALE

N.S. Shpilev, L.V. Lebedko, V.E. Torikov

FSBEI HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY, Bryansk, Russia

Abstract: The article considers variants explaining the existence of reliable negative correlation between protein content and yield of wheat, rye and triticale. Quantitative correlations of strong varieties of winter soft wheat in relation to the total list of varieties approved for production use are given. Experimental data were obtained in the conditions of the south-western part of the Central region using new varieties of wheat, rye and triticale in 2023-2024. The

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
possibility of using the first law of thermodynamics in biology to explain the negative reliable correlation of yield and protein content is shown. The obtained data show that the correlation coefficient for rye between yield and protein content averaged 0.609, for winter soft wheat – 0.713, triticale – 0.561. The highest yield in rye was characterized by hybrids of the first generation, the average yield was – 5.56 t/ha, and varieties – 4.29 t/ha. The average yield of wheat – 6.13 t/ha, triticale – 7.06 t/ha. The protein content of rye was 11.2%, wheat 13.3%, and triticale 14.5%.

The maximum amount of protein per hectare was obtained in triticale cultivation, which averaged 1.04 t/ha, while in wheat cultivation this indicator was equal to 0.81 t/ha, and rye – 0.49 t/ha. At the same time, the yield of varieties and hybrids of the studied crops to a greater extent influenced the protein yield per unit area. Based on the characteristics of grain protein content, the selection of varieties should be carried out according to the purpose of yield utilization.

Keywords: hybrid, variety, protein, correlation, yield.

Введение

Качество производимой сельскохозяйственной продукции является важным направлением при выращивании разных культур, предназначенных для производства кормов, обеспечивающих полноценный рацион с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Особого внимания заслуживают качество зерна зерновых и зернобобовых культур: первые – благодаря высокой урожайности и массовому производству, вторые – из-за повышенного содержания протеина и сбалансированности по аминокислотному составу.

Однако, сочетание высоких показателей урожайности и содержания протеина в одном генотипе ограничено из-за наличия отрицательной достоверной корреляции между этими параметрами, что было подтверждено научными исследованиями [1, 2].

В современном животноводстве наблюдается тенденция к увеличению потребления растительного и одноклеточного микробного белка взамен животного. Ряд исследователей отмечают: «Ежегодный общемировой дефицит кормового белка превышает 30 млн. т, а в России он составляет около 2-2,5 млн. т. Тенденция в современном животноводстве заключается в увеличении потребления растительного и одноклеточного микробного белка вместо животного. Поэтому существует озабоченность по поиску новых источников альтернативного белка» [3].

С учётом соотношения недостающего кормового протеина и значимости в рационе потенциальных его потребителей проблема дефицита кормового белка становится особенно актуальной для Российской Федерации. Недостаток протеина может негативно сказаться на продуктивности и репродуктивных показателях крупного рогатого скота и птицы, что, в свою очередь, может повлиять на экономическую эффективность аграрного производства. В данном контексте исследования и разработки, направленные на поиск и внедрение новых источников альтернативного белка, приобретают первостепенное значение. Изучением данной проблемы занимались многие учёные [4,5,6]. Рекомендованы направления устранения дефицита кормового протеина: селекционный, технологический (технология выращивания, производство протеина нетрадиционными методами и др.).

Сложность поставленной задачи отмечает Крупнова О.В: «Наблюдаемая отрицательная корреляция может быть связана со многими факторами, и прежде всего с недостатком доступного азота в почве, неполным поглощением доступного N в процессе вегетации растений (ограниченный генетический потенциал растения, влияние абио- и биострессов), неполной реутилизацией N из вегетативных органов в зерно (ограниченный генетический потенциал растения, влияние абио- и биострессов) прекращение поглощения N из почвы и его реутилизации из-за старения растений, уменьшение обеспечения зерна N в результате селекции на повышение уборочного индекса зерна (использование геномов низкорослости) и высокой энергоемкости синтеза белка по сравнению с таковой синтеза крахмала» [9].

Тем не менее, на наш взгляд, такое объяснение не только не раскрывает причины, но и сдерживает поиск технологических приёмов уменьшения существующей корреляции.

1. В соответствии с первым законом термодинамики, энергия сохраняется в замкнутой системе, любое энергетическое взаимодействие внутри системы приводит к

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. перераспределению энергетических состояний компонентов, не вызывая изменения общего энергетического баланса системы. Таким образом, первый закон термодинамики устанавливает строгий принцип сохранения энергии, который является основополагающим для понимания и анализа термодинамических процессов: вещество – энергия, не исчезают и не создаются, а только преобразовываются. Энергия может переходить из одной формы в другую. Данное заключение сделали К.А. Путилов (1971), Ондар С.О. [7].

Некоторые исследователи указывали, что затраты на синтез белка и липидов у растений примерно вдвое выше, чем на синтез углеводов или органических кислот [8]. Установившееся в открытой системе, которой является растение, количество энергии относительно стабильно и, если происходит увеличение одной нормы энергии, то обязательно за счёт другой. Этим можно объяснить существование отрицательной корреляции у растений между некоторыми свойствами, например, между содержанием протеина и урожайностью. Таким образом: «Совмещение в сорте высокой урожайности и повышенного количества белка остаётся чрезвычайно трудной проблемой селекции» [1, 9, 10, 11].

Преследуя цель создания сортов, гибридов с максимально возможной урожайностью часто возникает необходимость компромисса между количественными и качественными характеристиками продукции. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к возделыванию на территории Российской Федерации 2024 года включает 430 сортов озимой мягкой пшеницы¹. В рамках данной классификации 69 сортов отнесены к категории сильных, что составляет 16 % от общего числа зарегистрированных сортов.

В Центральном регионе из сорока четырех идентифицированных сортов только семь характеризуются высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам. При этом лишь три из них были официально зарегистрированы в период с 2011 по 2021 годы: Московская 40 (2011), Свагор (2017) и Немчиновская 85 (2021). Остальные, более ранне созданные сорта, практически не культивируются в данном регионе.

Вышеизложенные данные свидетельствуют о том, что достижение селекционным методом интеграции в одном генотипе одновременно высоких показателей урожайности и содержания белка представляет собой сложную задачу.

Совершенствование технологий возделывания зерновых культур может способствовать увеличению белка, и это не противоречит проявлению закона термодинамики в биологии, поскольку сорт (посев) являются открытой системой. В рамках проводимых исследований Н.Е. Новикова выявила наличие данной характеристики в зернобобовых культурах. «При использовании внекорневых азотных подкормках на пшенице происходит увеличение не только содержание протеина, но и клейковины и её качества широко используются для повышения технологических свойств зерна» [11].

Технологические приёмы направленные на повышение содержания протеина в урожае зерновых и зернобобовых культур имеют ограниченные возможности и не могут радикально изменить существующую отрицательную корреляцию между урожайностью зерна и содержанием в нём протеина.

Цель работы – выявить корреляцию между содержанием протеина и урожайностью на примере наиболее распространённых зерновых культур – озимой мягкой пшеницы, ржи и тритикале, объяснить основные закономерности существования этой зависимости и сделать рекомендации по использованию сортов.

Материал и методы исследования

В процессе исследований использовались новые сорта и гибриды озимой ржи – 2016-2024 гг., сорта озимой мягкой пшеницы, допущенные к использованию в 2021-2024 гг. и озимой тритикале – 2022-2024 гг. в Центральном регионе по восьми сортам (гибридам) изучаемых культур. Посев проводили на полях учебного опытного хозяйства Брянского ГАУ. По данным испытательной лаборатории Брянского ГАУ почва опытного участка серо-

¹ Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry/> (дата обращения 15.04.2025 г.).

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. лесная среднесуглинистая с содержанием гумуса 3,4-3,6% с высоким содержанием фосфора P_2O_5 и с повышенным содержанием калия – K_2O .

Норма высева составляет 4,0 миллиона всхожих семян на гектар. Посев изучаемых культур осуществлялся после выращивания предшествующей вико-овсяной смеси. Система удобрений на основе баланского метода прогнозировалась – 7 т/га. Рекомендуемые соотношения удобрений: азот (N) – 105 кг/га, фосфор (P) – 37 кг/га, калий (K) – 70 кг/га. Эти параметры определены с учетом почвенных условий, климата и потребностей растений. Посев проводили сеялкой СУ-3 разреженным способом, уборку комбайном Terrion 2010 при влажности зерна 15-16%. Содержание протеина определяли на спектрометре КФК-ЗКП в испытательной лаборатории Брянского ГАУ.

Математическую обработку, наименьшую существенную разницу и коэффициент корреляции определяли по Б.А. Доспехову (1985).

Используемые семена питомника размножения второго года, полученные по авторской методике [12, 13] соответствовали первому классу посевного стандарта. Семена проправливали препаратом Терция. Площадь опытных делянок 25 м², повторность трёхкратная. Погодные условия в основном соответствовали климатической норме по температуре. По количеству осадков погодные условия мая 2023 г. отличались дефицитом осадков – в мае выпало только 12,3% от нормы, в июне 2024 г. количество осадков составило почти две климатические нормы.

Результаты и их обсуждение

За годы исследования установлено, что гибриды ржи отличались большей урожайностью по сравнению с сортами (табл. 1).

Таблица 1

Корреляция урожайности и содержание протеина в зерне ржи

Сорт, гибрид	Год допуска к использованию	2023 г.			2024 г.		
		Урожайность, т/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, т/га
Вавиловская	2016	4,1	11,5	0,47	3,9	11,2	0,43
Графиня	2016	4,3	11,5	0,49	4,0	11,1	0,44
Жнейка	2018	4,6	11,4	0,52	3,8	11,2	0,42
Новозыбковская Нива	2024	4,9	11,4	0,55	3,9	11,2	0,43
Таловская 45	2022	5,2	11,2	0,58	4,2	11,1	0,46
РАВО F ₁	2016	5,9	11,3	0,66	4,7	11,0	0,51
ТАЙО F ₁	2021	6,3	11,4	0,71	4,9	11,0	0,53
ЭТЕРНО F ₁	2018	6,5	11,3	0,73	5,1	11,0	0,56
Коэффициент корреляции		-0,596			-0,622		
HCP		0,21			0,19		

Отдельные сорта и гибриды достоверно различались по урожайности между собой. Средняя урожайность сортов ржи в 2023 году составила 4,6 т/га, а гибридов – 6,2 т/га. В условиях 2024 года урожайность ржи сильно уменьшилась, в среднем на 0,9 т/га, это произошло вследствие обильных продолжительных осадков в период цветения, учитывая, что рожь строго перекрёстно опыляемая культура, это вызвало значительную через зерницу, и как следствие, снижение урожайности. Наибольшей урожайностью в среднем за два года выделился короткостебельный сорт ржи Таловская 45 с урожайностью 4,7 т/га, первое место по урожайности среди гибридов занял ЭТЕРНО F₁ – 5,8 т/га.

У возделываемых сортов ржи содержание протеина в условиях 2023 г. установлено в пределах 11,2-11,5%, в 2024 г. содержание протеина снизилось и варьировало от 11,0 до 11,2%. Такое снижение произошло вследствие увеличения размеров зерновок, вызванное череззерницей. Суммирующим критерием оценки полученного урожая является сбор протеина с площади возделывания разных сортов и гибридов ржи. Этот показатель изменился в 2023 г. от 0,47 т/га до 0,73 т/га, а в 2024 г. – от 0,43 т/га до 0,56 т/га, который в

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. большей степени определялся урожайностью зерна и в меньшей зависел от содержания протеина в зерне.

Один из главных критериев сильной пшеницы – содержание протеина, которое должно быть не ниже 14%. Среди изучаемых сортов этому показателю соответствовал сорт Немчиновская 85, в зерне которого в среднем за 2 года содержалось 14,1% протеина, при этом по урожайности Немчиновская 85 занимала одно из последних мест (табл.2.)

Таблица 2

Корреляция урожайности и содержание протеина в зерне озимой мягкой пшеницы

Сорт	Год допуска к использованию	2023 г.			2024 г.		
		Урожайность, т/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, т/га
Анфиса	2023	6,3	13,3	0,83	6,5	13,2	0,85
Боярка	2023	6,2	13,3	0,82	6,0	13,4	0,80
Винница	2024	6,6	13,2	0,87	6,2	13,5	0,83
Влади	2022	6,4	13,9	0,88	6,1	13,7	0,83
Немчиновская 85	2021	6,2	14,0	0,86	6,0	14,2	0,85
Скипетр 2	2023	6,9	13,0	0,89	7,2	13,0	0,93
Мила	2023	6,8	13,0	0,88	7,4	13,2	0,97
Галатея	2021	6,5	13,2	0,85	6,9	13,1	0,90
Коэффициент корреляции		-0,686			-0,740		
HCP		0,18			0,20		

Наиболее урожайные сорта – Скипетр 2 и Мила, отличались низким содержанием протеина, как результат – средний коэффициент корреляции между урожайностью и содержанием протеина незначительно различался по годам и составил 0,713, но, благодаря высокой урожайности при возделывании этих сортов урожайность с одного гектара составила 0,920 т.

Тритикале среди всех зерновых культур выделяется самым высоким процентом содержания протеина. По нашему мнению [14], это произошло в результате благоприятного сочетания белковых фракций, наиболее полно представленных у исходных видов, что позволяет увеличить содержание общего количества протеина в зерне тритикале (табл.3).

Таблица 3

Корреляция урожайности и содержания протеина в зерне озимой гексаплоидной тритикале

Сорт	Год допуска к использованию	2023 г.			2024 г.		
		Урожайность, т/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, т/га
Ахтырская 75	2024	7,6	14,0	1,06	7,7	14,3	1,10
Аргус	2023	7,0	14,5	1,01	7,4	14,5	1,07
Ариозо	2023	6,9	14,6	1,00	7,3	14,8	1,08
Арион	2024	7,1	14,7	1,04	7,8	14,2	1,10
Гольдварг	2023	6,8	15,0	1,02	7,5	14,8	1,11
Форта	2022	6,5	14,9	0,96	7,7	14,9	1,14
Слон	2022	6,6	14,3	0,94	7,6	14,5	1,10
Сейм	2024	6,7	14,3	0,95	7,8	14,2	1,10
Коэффициент корреляции		-0,519			-0,603		
HCP		0,23			0,20		

Наследование в тритикале таких особенностей исходных видов, как многоцветковость колоска от пшеницы и многоколосковости от ржи, позволило иметь самый высокий потенциал урожайности. Нами были получены формы тритикале, у которых масса зерна с одного колоса достигала 7 грамм.

Реализованная урожайность новых сортов показывает, что тритикале убедительно превосходит по урожайности пшеницу и рожь. Средняя урожайность за два года восьми сортов пшеницы, пяти сортов ржи и восьми сортов тритикале составила соответственно: – 6,5 т/га, 4,2 т/га, 7,2 т/га. Урожайность гибридов ржи при этом достигла 5,5 т/га. При этом также проявляется отрицательная корреляция между урожайностью и содержанием протеина, которая в среднем за два года составила 0,561.

Возделывание тритикале практически в два раза позволит увеличить сбор протеина в сравнении с рожью и на 50% превышает этот результат при возделывании пшеницы. Таким образом, новые сорта тритикале характеризуются достоверно более высокой урожайностью в сравнении с лучшими сортами и гибридами ржи и интенсивными сортами пшеницы.

Заключение

Таким образом, сочетание высокой урожайности и содержание протеина в одном генотипе сложная, если, вообще, невыполнимая задача, следовательно, при выборе сорта для возделывания необходимо руководствоваться назначением получаемого урожая. Если предполагается использовать зерно для хлебопечения – возделывать сильные сорта, для технических, фуражных и других целей более положительный эффект дадут более интенсивные сорта. У изучаемых сортов пшеницы, ржи, тритикале существует достоверная отрицательная корреляция между урожайностью и содержанием протеина. Величина урожайности в большей степени влияет на сбор протеина по сравнению с его содержанием. Возделывание озимой тритикале позволяет больше, в сравнении с другими культурами, получать протеин с единицы площади.

Литература

1. Кондратенко Е.Н., Константинова О.Е., Соболева О.М., Итмулкина Е.А., Вербицкая Н.В. Содержание белка и аминокислот в зерне озимых культур, произрастающих на территории лесостепи юго-востока Западной Сибири. // Химия растительного сырья. – 2015. – №3. – С. 143–150. DOI: 10.14258/jcprm.201503754
2. Шеленга Т.О., Саликова В.В., Попов В.С., Егорова Г.В., Малышев Л.Л., Винникова М.А. Взаимосвязь основных признаков качества семян люпина узколистного из коллекции ВИР. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2025. – 29 (1). – С.35-43. DOI 10.18699/vjgb-25-05
3. Просвирников Д.Б., Тунцев Д.В., Гайнуллина М.К., Касanova Н.Р. Белковый концентрат из белого люпина сорта Дега. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2025. – №. 1. – С. 63-74. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2025-1-63-74> (дата обращения: 23.04.2025).
4. Чекмарев П.А., Артиухов А.И. Рациональные подходы к решению проблемы белка в России. // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 5-8.
5. Фоменко П.А., Богатырева Е.В. Белковые корма растительного происхождения. // Молочнохозяйственный вестник. – 2022. – № 4(48). – С. 125-138. DOI 10.52231/2225-4269_2021_3_125.
6. Агафонов И.А. Обеспечение животноводства России белковым кормом как часть национальной и экономической безопасности страны. // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2023. – № 4-1. – С. 5-12. DOI 10.17513/vaael.2754.
7. Ондар С.О. Принципы термодинамики в биологических системах. // Вестник Тувинского государственного университета. №2 Естественные и сельскохозяйственные науки. – 2011. - № 2(9). - С. 35-46.
8. Головко Т.К., Гармаш Е.В. Дыхание растений: классические и современные представления. // Физиология растений. – 2022. – Т.69. – № 6. – С. 563-571. DOI 10.31857/S0015330322060070.
9. Крупнова О.В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне у зерновых и бобовых культур (обзор литературы). // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – Т. 44. – № 3. – С. 13-23.
10. Гусейнов С.И. Пути повышения содержания белка в зерне пшеницы. // Проблемы современной науки и образования. – 2016. – № 7(49). – С. 72-75.

11. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование листовой подкормки для оптимизации питания зерновых бобовых культур в онтогенезе растений (обзор). // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1(25). – С. 60-67.
12. Lebedko L.V., Shpilev N.S., Sychev S.M., Evdokimenko S.N., Aitzhanova S.D. Innovations in crop seed breeding. // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2020. Vol. 29, No. 3. – P. 3764-3781.
13. Горбачев К.И., Шпилев Н.С., Лебедко Л.В., Дьяченко О.В., Зайцева О.А. Совершенствование схемы первичного семеноводства озимой тритикале. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 4 (52). – С. 178-183. DOI 10.24412/2309-348X-2024-4-178-183
14. Шпилев Н.С., Лебедко Л.В., Шепелев С.И., Ториков В.Е., Мельникова О.В. Использование тритикале в кормопроизводстве. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53. – № 12. – С. 54-60. DOI 10.26898/0370-8799-2023-12-6.

References

1. Kondratenko E.N., Konstantinova O.E., Soboleva O.M., Itmulkina E.A., Verbitskaya N.V. Protein and amino acid content in the grain of winter crops growing in the forest-steppe of the south-east of Western Siberia. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2015, no. 3, pp. 143–150. DOI: 10.14258/jcprm.201503754 (In Russian)
2. Shelenga T.O., Salikova V.V., Popov V.S., Egorova G.V., Malyshev L.L., Vinnikova M.A. Interrelations of the main quality characteristics of narrow-leaved lupine seeds from the VIR collection. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2025, no. 29 (1), pp.35-43. DOI 10.18699/vjgb-25-05. (In Russian)
3. Prosvirnikov D.B., Tuntsev D.V., Gainullina M.K., Kasanova N.R. Protein concentrate from white lupine variety Dega. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2025, no. 1, pp. 63-74. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2025-1-63-74> (accessed: 23.04.2025) (In Russian)
4. Chekmarev P.A., Artyukhov A.I. Rational approaches to solving the protein problem in Russia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, no. 6, pp. 5-8. (In Russian)
5. Fomenko P.A., Bogatyreva E.V. Protein feeds of plant origin. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 2022, no. 4(48), pp. 125-138. DOI 10.52231/2225-4269_2021_3_125. (In Russian)
6. Agafonov I.A. Providing Russian livestock with protein feed as part of the country's national and economic security. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava*. 2023, no. 4-1, pp. 5-12. DOI 10.17513/vaael.2754. (In Russian)
7. Ondar S.O. Principles of Thermodynamics in Biological Systems. *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta*, no.2 *Estestvennye i sel'skokhozyaistvennye nauki*. 2011, no. 2(9), pp. 35-46. (In Russian)
8. Golovko T.K., Garmash E.V. Plant respiration: classical and modern concepts. *Fiziologiya rastenii*. 2022, V. 69, no. 6, pp. 563-571. DOI 10.31857/S0015330322060070. (In Russian)
9. Krupnova O.V. On the relationship between yield and protein content in grain and cereal and legume crops (literature review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2009, V. 44, no. 3, pp. 13-23. (In Russian)
10. Guseinov S.I. Ways to Increase Protein Content in Wheat Grain. *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya*. 2016, no. 7(49), pp. 72-75. (In Russian)
11. Novikova N.E. Physiological justification of foliar feeding for optimization of nutrition of grain legume crops in plant ontogenesis (review). *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*. 2018, no. 1(25), pp. 60-67. (In Russian)
12. Lebedko L.V., Shpilev N.S., Sychev S.M., Evdokimenko S.N., Aitzhanova S.D. Innovations in crop seed breeding. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020. Vol. 29, no. 3, pp. 3764-3781.
13. Gorbachev K.I., Shpilev N.S., Lebedko L.V., D'yachenko O.V., Zaitseva O.A. Improving the scheme of primary seed production of winter triticale. *Zernobobovye i krupyanie kul'tury*. 2024, no. 4(52), pp. 178-183. DOI 10.24412/2309-348X-2024-4-178-183. (In Russian)
14. Shpilev N.S., Lebedko L.V., Shepelev S.I., Torikov V.E., Mel'nikova O.V. Use of triticale in forage production. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2023, V. 53, no. 12, pp. 54-60. DOI 10.26898/0370-8799-2023-12-6. (In Russian)

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

А.В. РАЩЕНКО, аспирант

А.Г. СТУПАКОВ, доктор сельскохозяйственных наук

А.А. МУРАВЬЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0003-0916-088X

Т.С. МОРОЗОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0009-0004-4141-7205

И.В. КУЛИШОВА

ФГБОУ ВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ГАУ ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА», E-mail: rasch-art@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты полевых опытов в Центральном Черноземье за 2021-2023 годы на чернозёме типичном среднемощном по применению внекорневых обработок вегетирующих растений озимой пшеницы сорта Майская юбилейная оригинальными комплексными органоминеральными удобрениями БелРМ-1, БелРМ-2, БелРМ-1 (pH-) и БелРМ-2 (pH-) в дозе по 2 л/га компании ООО «Вотерра» и традиционно применяемыми препаратами Интермаг и КомплеМет в дозе по 2 л/га, а также Аквамикс СТ в дозе 1,2 кг/га. В качестве фона служило основное полное минеральное удобрение в дозе $N_60P_60K_60$. На фактор применения макроудобрений накладывается фактор сроков применения органоминеральных удобрений: фазы кущения, трубкования и колошения в разных вариациях. Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за 2021-2023 гг. в условиях юго-запада Центрально-Черноземного региона составила 7,23 т/га. Она была получена при применении удобрения БелРМ-2 (pH-) в фазы кущения, трубкования и колошения. Прибавка урожая на фоне основного минерального удобрения составила 2,21 т/га или 44,0%. Внесение препаратов с изменением реакции рабочего раствора в сторону повышения кислотности БелРМ-2 (pH-) и БелРМ-1 (pH-) приводило к повышению прибавок урожайности по сравнению с базовыми препаратами без изменения показателя кислотности. Прибавки урожайности зерна от внесения Аквамикс СТ, Интермаг и КомплеМет заметно ниже и составили соответственно 0,55, 1,36 и 0,83 т/га, что соответствует 11,0, 27,1 и 16,5%.

Ключевые слова: озимая пшеница, жидкие органоминеральные удобрения, реакция рабочего раствора, урожайность, структурный анализ.

Для цитирования: Ращенко А.В., Ступаков А.Г., Муравьев А.А., Морозова Т.С., Кулишова И.В. Агрехимический фактор формирования урожая озимой пшеницы в условиях Центрального Черноземья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):202-209 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-202-209

AGROCHEMICAL FACTOR OF WINTER WHEAT YIELD FORMATION IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

A.V. Rashchenko, A.G. Stupakov, A.A. Murav'ev, T.S. Morozova, I.V. Kulishova

FSBEI HE «V.YA. GORIN BELGOROD STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: The article presents the results of field trials in the Central Black Earth Region for 2021-2023 on typical medium-deep chernozem using foliar treatment of winter wheat vegetating plants of the Mayskaya Yubileynaya variety with original complex organomineral fertilizers BelRM-1, BelRM-2, BelRM-1 (pH-) and BelRM-2 (pH-) at a dose of 2 l/ha from Voterra LLC and

traditionally used preparations Intermag and KompleMet at a dose of 2 l/ha, as well as Aquamix ST at a dose of 1.2 kg/ha. The baseline was a complete mineral fertilizer at a dose of N₆₀P₆₀K₆₀. The application of macrofertilizers is influenced by the timing of organomineral fertilizer application: the tillering, booting, and heading stages, with varying variations. The maximum average winter wheat grain yield for 2021–2023 in the southwestern Central Black Earth Region on typical chernozem soil was 7.23 t/ha. This was achieved with the application of BelRM-2(pH-) fertilizer during the tillering, booting, and heading stages. The yield increase against the background of the main mineral fertilizer was equal to 2.21 t/ha or 44.0%. The introduction of preparations with a change in the reaction of the working solution towards increasing the acidity of BelRM-2 (pH-) and BelRM-1 (pH-) led to an increase in yield increases compared to the basic preparations without changing the acidity index. The increase in grain yield from the application of Aquamix ST, Intermag and KompleMet was significantly lower and amounted to 0.55, 1.36 and 0.83 t/ha, respectively, which corresponds to 11.0, 27.1 and 16.5%.

Keywords: winter wheat, liquid organomineral fertilizers, working solution reaction, yield, structural analysis.

Введение

Получение запланированной урожайности сельскохозяйственных культур обеспечивают внесением удобрений, что отражено в работах ряда авторов [1-5]. При этом необходимо удовлетворить потребности растений в питании при сохранении плодородия почвы, улучшить качество продукции, не допустить непроизводительных затрат удобрений, обеспечить охрану окружающей среды [6, 7]. Существует много способов расчета доз удобрений под планируемый урожай. Рядом авторов научно обосновано, что удобрения следует вносить так, чтобы они были доступны для растений в течение вегетационного периода, находились в зоне развития корневой системы, способствовали ее росту и минимально фиксировались почвой [8-10]. Очень важно приблизить сроки внесения удобрений к периоду интенсивного потребления элементов питания растениями с учетом их биологии и сортовых особенностей, а также вносить общую дозу удобрения в несколько приемов. По мнению ученых технологии возделывания озимой пшеницы нуждаются в совершенствовании, так как её потенциал реализуется не в полной мере. Получение высокой урожайности зерна в значительной степени обеспечивается оптимальным применением удобрений в сочетании с подкормкой по вегетирующему растениям [11, 12].

В современных социально-экономических условиях выявлена неоднозначность мнений по вопросам количества и содержания подкормок по вегетирующему растениям в разных условиях. Поэтому, определение отзывчивости вегетирующих растений на подкормки органоминеральными удобрениями, действие их на продуктивность озимой пшеницы, имеет важное научное и практическое значение [13].

Для изучения влияния вышеуказанных факторов на посевные качества пшеницы были проведены лабораторные исследования в модельных условиях.

Цель исследований – агробиологическая комплексная оценка применения новых органоминеральных удобрений при многократном использовании на урожайность озимой пшеницы сорта Майская юбилейная в условиях чернозёма типичного Белгородской области.

Материал и методы исследований

Исследования проведены в 2021-2023 гг. в Проблемной лаборатории селекции и промышленного семеноводства имени Н.С. Шевченко Белгородского ГАУ. Основной метод исследований – лабораторно-полевой опыт. Исследования проводились в трехкратной повторности. Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным среднемощным слабо эродированным среднесуглинистого гранулометрического состава (табл. 1).

По данным метеостанции Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина среднее многолетнее количество осадков за год составляет 551 мм, а температура воздуха 6,3°C. Для среднемноголетних значений температуры и осадков в период апрель-июль ГТК в среднем за последние три года составил 1,16.

Характеристика почвы опытного участка

№	Показатели	Значение
1	Соржение гумуса, %	4,50-5,11
2	Обменная кислотность (pH_{KCl})	5,41-5,78
3	Сумма поглощенных оснований (S), мг.-экв./100 г почвы	32,2-36,7
4	Гидролитическая кислотность (Hg), мг.-экв./100 г почвы	3,12-4,02
5	Степень насыщенности почв основаниями (V), %	90,2-91,1
6	Легкогидролизуемый азот, мг/кг	101-122
7	Подвижный фосфор, мг/кг	82-125
8	Обменный калий, мг/кг	93-132

Схема полевого опыта представлена в таблице 2.

**Схема опыта с применением оригинальных препаратов
ООО «Вотерра» на озимой пшенице**

Номера вариантов	Препараты	Основное удобрение	Количество подкормок и фазы развития
1	–	–	Без основного удобрения и подкормок
2	–	$N_{60}P_{60}K_{60}$	Без подкормок
3	БелРМ-1	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1 (кущение)
4		$N_{60}P_{60}K_{60}$	2 (кущение + трубкование)
5		$N_{60}P_{60}K_{60}$	2 (кущение + колошение)
6		$N_{60}P_{60}K_{60}$	3 (кущение + трубкование + колошение)
7		$N_{60}P_{60}K_{60}$	1 (кущение)
8		$N_{60}P_{60}K_{60}$	2 (кущение + трубкование)
9	БелРМ-1	$N_{60}P_{60}K_{60}$	2 (кущение + колошение)
10		$N_{60}P_{60}K_{60}$	3 (кущение + трубкование + колошение)
11	Аквамикс СТ	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3 (кущение + трубкование + колошение)
12	Интермаг	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3 (кущение + трубкование + колошение)
13	КомплеМет	$N_{60}P_{60}K_{60}$	2 (кущение + колошение)
14	БелРМ-1 (pH -)	$N_{60}P_{60}K_{60}$	2 (кущение + трубкование)
15	БелРМ-2 (pH -)	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3 (кущение + трубкование + колошение)

Высевается озимая пшеница сорта Майская юбилейная. Площадь учётной делянки – 20 м², размер 2 x 10 м. Норма высева – 4,0 млн. шт./га, срок посева – вторая декада сентября.

Фоновое внесение минеральных удобрений (азофоска) в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ осуществляется сеялкой СЗ-3,6 с заделкой через сошники, которые находятся в рабочем положении.

После уборки предшествующей культуры проводится рыхление почвы тяжелыми дисковыми орудиями или противоэрозионным культиватором КПЭ-3,8 на глубину 14-16 см. В дальнейшем, по мере выпадения осадков и прорастания сорняков, почва обрабатывается дополнительно. Перед посевом озимой пшеницы проводилась предпосевная культивация на глубину 4–5 см.

Внекорневые обработки растений проводили путем опрыскивания комплексными органоминеральными удобрениями с помощью ранцевого опрыскивателя, рекомендуемыми дозами препаратов: БелРМ-1, БелРМ-2, БелРМ-1 (pH -), БелРМ-2 (pH -), Интермаг и КомплеМет – по 2 л/га, Аквамикс СТ – 1,2 кг/га.

Состав удобрений:

- БелРМ-1: N – 80 г/л; P – 70 г/л; K – 70 г/л; Mg – 20 г/л; SO₄ – 15 г/л; Fe(ЭДТА) – 5 г/л; Mn(ЭДТА) – 15 г/л; Zn(ЭДТА) – 14 г/л; Cu(ЭДТА) – 11 г/л; B – 5 г/л; Mo – 0,05 г/л»;
- БелРМ-2: N – 80 г/л; P – 70 г/л; K – 70 г/л; Mg – 20 г/л; SO₄ – 15 г/л; Fe(ДТПА) – 5 г/л; Mn(ЭДТА) – 15 г/л; Zn(ЭДТА) – 14 г/л; Cu(ЭДТА) – 11 г/л; B – 5 г/л; Mo – 0,05 г/л»;
- БелРМ-1 (рН-): N – 80 г/л; P – 70 г/л; K – 70 г/л; Mg – 20 г/л; SO₄ – 15 г/л; Fe(ЭДТА) – 5 г/л; Mn(ЭДТА) – 15 г/л; Zn(ЭДТА) – 14 г/л; Cu(ЭДТА) – 11 г/л; B – 5 г/л; Mo – 0,05 г/л»;
- БелРМ-2 (рН-): N – 80 г/л; P – 70 г/л; K – 70 г/л; Mg – 20 г/л; SO₄ – 15 г/л; Fe(ДТПА) – 5 г/л; Mn(ЭДТА) – 15 г/л; Zn(ЭДТА) – 14 г/л; Cu(ЭДТА) – 11 г/л; B – 5 г/л; Mo – 0,05 г/л»;
- Аквамикс СТ: Fe(ДТПА) – 1,74%, Fe(ЭДТА) – 2,1%; Mn(ЭДТА) – 2,57%; Zn(ЭДТА) – 0,53%; Cu(ЭДТА) – 0,53%; Ca(ЭДТА) – 2,57%; B – 0,52%; Mo – 0,13%»;
- Интермаг: N – 195 г/л; Mg – 26 г/л; SO₄ – 58,5 г/л; Fe(ЭДТА) – 10,4 г/л; Mn(ЭДТА) – 14,3 г/л; Zn(ЭДТА) – 13 г/л; Cu(ЭДТА) – 11,7 г/л; B – 0,15 г/л; Mo – 0,5 г/л»;
- КомплеМет: N – 9,2 г/л; P – 96 г/л; K – 105 г/л; SO₄ – 14 г/л; Mn(ЭДТА) – 20 г/л; Zn(ЭДТА) – 15 г/л; Cu(ЭДТА) – 5,0 г/л; B – 4,5 г/л; Mo – 0,065 г/л».

Расход рабочего раствора 300 л/га. Контролем служил вариант с опрыскиванием водой. Уборка урожая осуществлялась прямым комбайнированием «SAMPO-2010».

Результаты и их обсуждение

Комплексное исследование структуры урожая озимой пшеницы позволяет детально оценить эффективность той или иной технологии. За основы был взят метод структурного спнопового анализа озимой пшеницы (табл. 3).

Таблица 3

Структурный анализ урожая в опыте с применением оригинальных препаратов ООО «Вотерра» на озимой пшенице, среднее за 2021-2023 гг.

Варианты		Масса снопа, г	Длина 1 колоса, см	Масса 1 колоса, г	Количества колосков в колосе, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Без удобрений		1 197	6,26	1,21	33,2	0,97	39,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон		1 371	6,72	1,42	34,4	1,09	40,1
Фон – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	БелРМ-1	1*	1 450	6,70	1,49	34,2	1,14
		2	1 551	6,68	1,55	34,2	1,20
		3	1 514	6,67	1,49	35,8	1,11
		4	1 500	6,37	1,45	36,7	1,06
	БелРМ-2	1	1 569	6,79	1,54	35,0	1,19
		2	1 540	6,46	1,45	36,8	1,08
		3	1 502	6,74	1,48	36,6	1,14
		4	1 682	6,68	1,51	37,9	1,14
	Аквамикс СТ	3	1 316	6,64	1,46	34,8	1,13
	Интермаг	2	1 410	6,73	1,50	36,3	1,17
	КомплеМет	4	1 368	6,80	1,90	34,8	1,16
	БелРМ-1 (рН-)	4	1 428	6,48	1,44	36,3	1,12
	БелРМ-2 (рН-)	4	1 535	6,59	1,45	35,3	1,16
НСР _{0,5}		72,6	0,09	0,03	0,8	0,03	0,8

* Примечание: 1 – кущение; 2 – кущение + трубкование; 3 – кущение + колошение; 4 – кущение + трубкование + колошение.

Данные учета массы снопа без корневой системы демонстрируют колебание значений в диапазоне 1 197–1 682 г. Установлено, что максимальное значение было отмечено при применении препарата БелРМ-2 в фазы кущения + трубкования + колошения, которое составило 1 682 г. Превышение от трёхкратного применения его на фоне полного

минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ оказалось равным 311 г или 22,7 %, а при сочетании с этим удобрением – 485 г или 40,5%. Более высокие достоверные ($HCP_{05} = 72,6$ г) значения на 113, 142 и 180 г (6,7, 8,4 и 10,7%) при таком использовании препарата в три срока были получены по сравнению соответственно с внесением только в фазе кущения, в фазы кущения + трубкования и в фазы кущения + колошения. Выявлено также, что при дополнительном использовании препарата отдельно в фазы трубкования и колошения к фазе кущения проявилась слабая тенденция к снижению массы снопа соответственно на 29 и 67 г (1,8 и 4,3%).

Внесение препарата БелРМ-1 наиболее эффективно в два срока: в фазы кущения и трубкования, которое обусловило увеличение массы снопа на 180 г или на 13,1% на фоне полного минерального удобрения и на 354 г или на 29,6% в сочетании с ним. Причём, дополнение применения препарата в фазе трубкования к фазе кущения способствовало достоверному росту массы снопа на 101 г или на 7,0%. Следует отметить, что при таком сочетании сроков внесения (фазы кущения + трубкования) эффект от препарата БелРМ-1 практически идентичен с препаратом БелРМ-2, у которого при совместном использовании препарата и полного минерального удобрения он оказался равным 343 г или 28,7%.

Изменение массы снопа в зависимости от препаратов Аквамикс СТ, Интермаг и КомплеМет, традиционно применяющиеся при возделывании озимой пшеницы, относительно фона полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) практически не наблюдалось, однако при совместном действии с ним масса существенно возросла соответственно на 119, 213 и 171 г (9,9, 17,8 и 14,3%).

Препараты с корректировкой кислотности рабочего раствора из-за слабой щёлочности водопроводной воды – БелРМ-1 (рН-) и БелРМ-2 (рН-) также обеспечили увеличение массы снопа соответственно на 57 и 164 г или 4,2 и 12,0% на фоне полного минерального удобрения и на 231 и 338 г или на 19,3 и 28,2% в сочетании с ним. Но эти прибавки массы значительно ниже тех, которые были отмечены при внесении исходных препаратов БелРМ-1 и БелРМ-2.

Длина колоса проявила малую зависимость от применяемых препаратов, поскольку различия в значениях варьирования находились зачастую в пределах наименьшей существенной разницы. Достоверное увеличение зафиксировано при внесении полного минерального удобрения в дозе и $N_{60}P_{60}K_{60}$, равное 0,46 см или 7,3%. А также при его совместном применении с препаратами, которые использовались по вегетирующему растению озимой пшеницы. Масса колоса повышалась как от использования полного минерального удобрения на 0,21 г (17,4%), так и от сочетания его на 0,28 и 0,33 г (23,1 и 27,3%) при обработке посевов, в частности, в фазе кущения препаратами соответственно БелРМ-1 и БелРМ-2. Наибольший эффект наблюдался при обработке препаратом КомплеМет, который составил 0,69 г или 57,0%.

Варьирование количества колосков в колосе маловыразительно и находилось в диапазоне 33,2-37,9 шт. Наибольшее их количество обусловлено использованием препаратов БелРМ-1 и БелРМ-2 (36,7 и 37,9 шт.).

Увеличение массы зерна с 1 колоса при внесении основного удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ составило 0,12 г или 12,4%, при обработке посевов БелРМ-1 в фазах кущение + трубкование в сочетании с основным удобрением – 0,23 г (23,7%), препаратом БелРМ-2 в фазе кущения 0,22 г (22,7%). Превышения этих величин при корректировке кислотности рабочего раствора не наблюдалось, также как и при обработке посевов культуры препаратами Аквамикс СТ, Интермаг и КомплеМет.

Одним из наиболее значимых показателей в структурном анализе снопа является масса 1000 семян. Достоверно она повышалась при внесении полного минерального удобрения – 1,0 г (2,6%), а также при двукратном применении препарата БелРМ-1 (фазы кущение + трубкование и кущение + колошение) и основного удобрения – 1,8 г (4,6%) и при всех сроках обработки препаратом БелРМ-2 – 1,7-2,0 г (4,3-5,1%). Превышения этих величин от корректировки реакции рабочего раствора не отмечено. Обработка посевов препаратами Аквамикс СТ, Интермаг и КомплеМет даже в сочетании с основным минеральным

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. удобрением ($N_{60}P_{60}K_{60}$) не способствовала повышению массы 1000 семян озимой пшеницы. Анализ урожайности озимой пшеницы выявил следующие закономерности (табл. 4).

Таблица 4

Влияние препаратов ООО «Вотерра» на урожайность зерна озимой пшеницы

Варианты		Урожайность, т/га				Отклонение				
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	Средн.	От контроля	От фона	т/га	%	
Без удобрений		4,03	3,92	3,67	3,87	–	–	–	–	
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон		5,0	4,87	5,19	5,02	1,15	29,7	–	–	
Фон – $N_{60}P_{60}K_{60}$	БелРМ-1	1*	5,12	6,15	5,53	5,60	1,73	44,7	0,58	11,6
		2	5,86	5,87	6,0	5,91	2,04	52,7	0,89	17,7
		3	5,14	5,53	4,99	5,22	1,35	34,9	0,20	4,0
		4	6,45	5,98	5,56	6,33	2,46	63,6	1,31	26,1
	БелРМ-2	1	5,95	6,01	5,32	5,76	1,89	48,8	0,74	14,7
		2	6,0	6,28	6,5	6,26	2,39	61,8	1,24	24,7
		3	5,44	5,87	5,73	5,68	1,81	46,8	0,66	13,1
		4	6,61	6,97	6,58	6,72	2,85	73,6	1,7	33,9
	Аквамикс СТ	3	5,32	5,59	5,8	5,57	1,70	43,9	0,55	11,0
	Интермаг	2	6,48	6,0	6,66	6,38	2,51	64,9	1,36	27,1
	КомплеМет	4	5,9	5,8	5,85	5,85	1,98	51,2	0,83	16,5
	БелРМ-1 (pH-)	4	6,79	7,13	7,05	6,99	3,12	80,6	1,97	39,2
	БелРМ-2 (pH-)	4	7,09	7,08	7,52	7,23	3,36	86,8	2,21	44,0
	$HCP_{0,5}$	–	–	–	0,48	–	–	–	–	–

* Примечание: 1 – кущение; 2 – кущение + трубкование; 3 – кущение + колошение; 4 – кущение + трубкование + колошение.

Так, высокая эффективность удобрений наблюдалась в результате трёхкратного применения препарата БелРМ-2 путём обработки посевов озимой пшеницы в фазы кущения + трубкования + колошения при сочетании с полным минеральным удобрением в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, когда урожайность зерна увеличилась на 2,85 т/га или на 73,6%. Повышение урожайности только от действия препарата на фоне основного удобрения составила 1,7 т/га или 33,9%. Прибавки урожайности получены также от однократного и двукратных приёмов использования препарата. На фоне основного минерального удобрения при обработке вегетирующих растений в фазе кущения урожайность выросла на 0,74 т/га (14,7%), в фазы кущения + трубкования – на 1,24 т/га (24,7%) и в фазы кущения + колошения – на 0,66 т/га (13,1%).

Эффективность препарата БелРМ-1 также высока. Совместное влияние его при трёхкратном применении (кущение + трубкование + колошение) и основного минерального удобрения способствовало увеличению урожайности зерна на 2,46 т/га или на 63,6%. На фоне основного удобрения прибавка урожайности оказалась равной 1,31 т/га или 26,1%. При этом только от внесения в фазе кущения сформировалась прибавка урожайности, равная 0,58 т/га (11,6%). В результате двукратной обработки препаратом при разном сочетании сроков внесения – кущение + трубкование или кущение + колошение – прирост урожайности зерна практически одинаков, соответственно 0,89 и 0,2 т/га (17,7 и 4,0%).

Прибавки урожайности зерна от внесения традиционных препаратов Аквамикс СТ, Интермаг и КомплеМет, применяемых на фоне минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, находились на уровне или несколько уступали тому, который был отмечен у препарата БелРМ-1 – соответственно 1,55, 0,86 и 1,33 т/га (11,0, 27,1 и 16,5%).

Внесение на фоне полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ препаратов с изменённой кислотностью рабочего раствора БелРМ-1 (рН-) и БелРМ-2 (рН-), также при трёхкратном применении (кущение + трубкование + колошнение) привело к повышению прибавок урожайности зерна по сравнению с базовыми препаратами БелРМ-1 и БелРМ-2 без изменения показателя кислотности, соответственно на 0,66 и 0,51 т/га.

Внесение основного полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовало увеличению урожайности зерна озимой пшеницы на 1,15 т/га или на 29,7% по сравнению с контрольным вариантом.

Заключение

На вариантах без внесения удобрений озимая пшеница сформировала 3,87 т/га зерна. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ зерновая продуктивность возрастала до 5,02 т/га. Использование листовых подкормок на фоне полного минерального удобрения повышало урожайность на 0,2-2,21 т/га в зависимости от вида удобрения и кратности обработок. Самая высокая урожайность зафиксирована при использовании препаратов БелРМ 1(рН-) и БелРМ 2 (рН-)- 6,99 и 7,23 т/га соответственно, где прибавка урожайности составила 1,97, 2,21 т/га (39,2 и 44%), а в сочетании с $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 3,2–3,36 т/га (80,6 и 86,8%). Прибавки урожайности зерна от внесения традиционно применяемых препаратов Аквамикс СТ, Интермаг и КомплеМет заметно ниже и составили соответственно 0,55, 1,36 и 0,83 т/га (11,0, 27,1 и 16,5%).

Достоверно масса 1000 зерен повышалась при внесении полного минерального удобрения – 1,0 г (2,6%), а также при двукратном применении препарата БелРМ-1 (фазы кущение + трубкование и кущение + колошнение) и основного удобрения – 1,8 г (4,6%) и при всех сроках обработки препаратом БелРМ-2 – 1,7–2,0 г (4,3-5,1%). Превышения этих величин от корректировки реакции рабочего раствора не отмечено. Обработка посевов препаратами Аквамикс СТ, Интермаг и КомплеМет, даже в сочетании с основным минеральным удобрением ($N_{60}P_{60}K_{60}$), не способствовала повышению массы 1000 семян озимой пшеницы.

Литература

1. Акинчин А.В., Кузнецова Л.Н., Линков С.А. [и др.] Влияние подкормок на продуктивность сахарной свеклы. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 3(35). – С. 125-131.
- 2.. Алейник С.Н., Китаев Ю.А., Сидоренко А.А. Методика мониторинга рисков в агропромышленном комплексе региона. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 2(34). – С. 169-176.
3. Галеева Л.П. Влияние минеральных удобрений на фосфатный фонд чернозёмов выщелоченных и продуктивность зерновых культур. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 2(71). – С. 25-36. – DOI 10.31677/2072-6724-2024-71-2-25-36.
4. Завалин А.А., Шафран С.А. Об эффективности использования аммиачной селитры и карбамида. // Агрехимический вестник. – 2024. – № 6. – С. 3-7. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-001.
5. Карабутов А.П., Ступаков А.Г. Моделирование продуктивности пашни в условиях Белгородской области. // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: Сборник докладов XIX Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО "Общество почвоведов имени В.В. Докучаева", Курск, 24–26 апреля 2024 года. – Курск: Курский Федеральный аграрный научный центр, 2024. – С. 114-118.
6. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия в посевах сои при органической системе удобрения. // Агрехимический вестник. – 2024. – № 6. – С. 47-49. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-008.
7. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. [и др.] Эффективность серосодержащих удобрений на озимой пшенице в Центрально-Черноземной зоне России. // Агрехимический вестник. – 2023. – № 1. – С. 19-22. – DOI 10.24412/1029-2551-2023-1-003.
8. Коробов В.А., Ивлева А.Е., Жучав К.В. [и др.] Эффективность препарата на основе животноводческих стоков на озимой и яровой пшенице. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 4(69). – С. 42-47. – DOI 10.31677/2072-6724-2023-69-4-42-47.
9. Котяк П.А., Чебыкина Е.В., Иванова М.Ю., Воронин А.Н. Влияние нового органоминерального удобрения на агрохимическое состояние дерново-подзолистой

10. Панарин Д.И., Смуров С.И., Ступаков А.Г., Куликова М.А. Формирование агрохимических и физико-химических свойств чернозёма типичного на посевах подсолнечника под влиянием удобрений в звене севооборота. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – № 4(44). – С. 89-96.
11. Смуров С.И., Панарин Д.И., Ступаков А.Г. [и др.] Влияние удобрений и звеньев севооборота на урожайность подсолнечника в зависимости от агрометеорологических условий на юго-западе ЦЧР. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4. – С. 46-53.
12. Ступаков А.Г., Смуров С.И., Аль Духайбави Х.Х. [и др.] Продуктивность озимой пшеницы под влиянием минеральных удобрений и предшественников. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 1(25). – С. 184-192.
13. Ширяев А.В., Кузнецова Л.Н., Ширяева Н.В., Самойлова Н.А. Химизация технологии возделывания и продуктивность ярового ячменя. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 4(36). – С. 100-105.

References

1. Akinchin A.V., Kuznetsova L. N., Linkov S. A. [et al.]. The effect of fertilizing on sugar beet productivity. *Innovations in agriculture: problems and prospects*, 2022, no. 3(35), pp. 125-131.
2. Aleynik S. N., Kitaev Yu. A., Sidorenko A. A. Methodology of risk monitoring in the agro-industrial complex of the region. *Innovations in agriculture: problems and prospects*, 2022, no. 2(34), pp. 169-176.
3. Galeeva L. P. The effect of mineral fertilizers on the phosphate stock of leached chernozems and the productivity of grain crops. *Bulletin of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2024, no. 2(71), pp. 25-36, DOI 10.31677/2072-6724-2024-71-2-25-36.
4. Zavalin A. A., Shafran S. A. On the efficiency of using ammonium nitrate and urea. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2024, no. 6, pp. 3-7. DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-001.
5. Karabutov A. P., Stupakov A. G. Modeling arable land productivity in the Belgorod region: Actual problems of soil science, ecology and agriculture : Collection of reports of the XIX Intern. sci. and pract. Conf. of the Kursk branch of the NGO "Society of Soil Scientists" nd. after V.V. Dokuchaev", Kursk, April 24-26, 2024. Kursk: Kursk Federal Agrarian Research Center, 2024, pp. 114-118.
6. Kloster N. I., Azarov V. B., Lotkova V. V. Dynamics of the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium in soybean crops with an organic fertilizer system. *Agrochemical Bulletin*, 2024, no. 6, pp. 47-49, DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-008.
7. Kloster N. I., Azarov V. B., Lotkova V. V. [et al.] The effectiveness of sulfur-containing fertilizers on winter wheat in the Central Chernozem zone of Russia. *Agrochemical Bulletin*, 2023, no. 1, pp. 19-22, DOI 10.24412/1029-2551-2023-1-003.
8. Korobov V. A., Ivleva A. E., Zhuchaev K. V. [et al.]. Efficacy of the drug based on livestock effluents on winter and spring wheat. *Bulletin of the NGAU (Novosibirsk State agrarian University)*, 2023, no. 4(69), pp. 42-47, DOI 10.31677/2072-6724-2023-69-4-42-47.
9. Kotyak P. A., Chebykina E. V., Ivanova M. Yu., Voronin A. N. The influence of a new organomineral fertilizer on the agrochemical state of turf-podzolic gleevate soil. *Agriculture*, 2022, no. 3, pp. 28-31, DOI 10.24412/0044-3913-2022-3-28-31.
10. Panarin D. I., Smurov S. I., Stupakov A. G., Kulikova M. A. Formation of agrochemical and physico-chemical properties of typical chernozem on sunflower crops under the influence of fertilizers in the crop rotation. *Innovations in agriculture: problems and prospects*, 2024, no. 4(44), pp. 89-96.
11. Smurov S.I., Panarin D.I., Stupakov A.G. [et al.] The influence of fertilizers and crop rotation links on sunflower yield depending on agrometeorological conditions in the south-West of the Central Asian Republic. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2024, no. 4, pp. 46-53.
12. Stupakov A.G., Smurov S.I., Dhuhaiabawi H. H. Al [et al.] Productivity of winter wheat under the influence of mineral fertilizers and precursors. *Innovations in agriculture: problems and prospects*, 2020, no. 1(25), pp. 184-192.
13. Shiryaev A.V., Kuznetsova L. N., Shiryaeva N. V., Samoilova N. A Chemicalization of cultivation technology and productivity of spring barley. *Innovations in agriculture: problems and prospects*, 2022, no. 4(36), pp. 100-105.

ЗЕРНОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

В.Д. ШТЫРХУНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

В.В. КОНОНЧУК, доктор сельскохозяйственных наук,

E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

С.М. ТИМОШЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук

В.Ф. КИРДИН, доктор сельскохозяйственных наук

Н.В. ВОЙТОВИЧ, академик РАН

О.А. ЩУКЛИНА*, кандидат сельскохозяйственных наук

П.М. КОНОРЕВ*, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

* ФГБУН ГЛАВНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД ИМЕНИ Н.В. ЦИЦИНА РАН

В статье представлены результаты исследований влияния состава бобово-злаковых смесей, применения азотных удобрений и биостимуляторов на продуктивность кормовых культур в условиях дерново-подзолистых почв Центрального Нечерноземья. Установлено, что наибольшей зерновой продуктивностью обладают люпино-злаковые смеси, превосходящие смеси с горохом, пельюшкой и викой. Показано, что внесение азотных удобрений (30-45 кг/га) способствует увеличению урожайности горохо- и вико-злаковых смесей на 15-51%, однако в люпиновых смесях приводит к снижению белковой продуктивности. Выявлена зависимость эффективности биостимуляторов от гидротермических условий: их положительное действие наблюдалось только при засухе (ГТК 0,91-0,95), тогда как в нормальных условиях (ГТК 1,40-1,55) эффект отсутствовал или отмечалось снижение продуктивности на 2-9%. Результаты исследования имеют практическое значение для оптимизации кормопроизводства в условиях изменяющегося климата.

Ключевые слова: бобово-злаковые смеси, зерновая продуктивность, элементы агротехнологии, Нечерноземная зона.

Для цитирования: Штырхунов В.Д., Конончук В.В., Тимошенко С.М., Кирдин В.Ф., Войтович Н.Е., Щуклина О.А., Конорев П.М. Зерновая продуктивность бобово-злаковых смесей различного состава при использовании удобрений и биостимуляторов в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):210-218 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-210-218

GRAIN PRODUCTIVITY OF LEGUME-CEREAL MIXTURES OF VARIOUS COMPOSITION WITH THE USE OF FERTILIZERS AND BIOSTIMULANTS IN THE CHANGING CLIMATE OF THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

**V.D. Shtyrkhunov, V.V. Kononchuk, S.M. Timoshenko, V.F. Kirdin,
N.V. Voitovich, O.A. Shchuklina*, P.M. Konorev***

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER "NEMCHINOVKA"

* FGBUN MAIN BOTANICAL GARDEN NAMED AFTER N.V. TSITSIN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract: The article presents the results of studies of the influence of the composition of legume-cereal mixtures, the use of nitrogen fertilizers and biostimulants on the productivity of

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
forage crops in the conditions of sod-podzolic soils of the Central Non-Black Earth Region. It was found that lupine-cereal mixtures have the highest grain productivity, surpassing mixtures with peas, pelushka and vetch. It is shown that the application of nitrogen fertilizers (30-45 kg/ha) contributes to an increase in the yield of pea and vetch-cereal mixtures by 15-51%, but in lupine mixtures it leads to a decrease in protein productivity. The dependence of the efficiency of biostimulants on hydrothermal conditions was revealed: their positive effect was observed only during drought (HTC 0.91-0.95), while under normal conditions (HTC 1.40-1.55) there was no effect or a decrease in productivity by 2-9%. The results of the study are of practical importance for optimizing forage production in a changing climate.

Keywords: legume-cereal mixtures, grain productivity, elements of agrotechnology, Non-Chernozem zone.

Смешанные посевы яровой вики и гороха с яровыми зерновыми, главным образом с овсом, традиционно используются для производства сбалансированных по энергии и протеину объемистых кормов в полевом кормопроизводстве Центрального Нечерноземья. Горохо-злаковые, а с появлением сортов вики, семена которых свободны от гликозидов и вико-злаковые смеси выращиваются также для производства концентрированных кормов с высокой протеиновой и энергетической питательностью. Их посевы в регионе в последние годы составляют порядка 550 тыс. га или около 6% общей засеваемой площади [1].

Глобальные климатические изменения, проявляющиеся в Нечерноземной зоне России через учащение чередования сухих жарких с прохладными и влажными периодами на протяжении одной вегетации, с накатами волн тепла и холода, сопровождающихся выпадением осадков ливневого характера [2], не способствуют стабилизации производства объемистых и концентрированных кормов на высоком уровне. Для снижения отрицательного влияния глобального потепления на кормопроизводство региона необходимо во-первых расширение видового разнообразия сеяных полевых агроценозов за счет видов и сортов с разными сроками биологического созревания и отношением к влагообеспеченности, во вторых – совершенствование элементов агротехнологии их возделывания, направленных на повышение адаптации растений к складывающимся метеорологическим условиям [3-5].

Цель исследования – изучение влияния метеорологических условий возделывания бобово-злаковых смесей различного состава на зерно, удобрений, некорневых подкормок биостимуляторами с микроэлементами на урожайность и показатели продуктивности в Центре Нечерноземной зоны РФ.

Методика и условия исследования

Исследование проводили в течение 2017-2024 годов в серии краткосрочных полевых опытов на опытном поле ФИЦ «Немчиновка» в Новомосковском административном округе неподалеку от аэропорта «Внуково». Оценка питательности получаемой кормовой продукции производилась специалистами ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН».

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, подстилаемая суглинистой мореной. Пахотный (0-20 см) слой ее в разные годы характеризовался слабокислой реакцией среды с хорошо выраженным подкислением от начала к концу исследований, повышенной и высокой обеспеченностью подвижным фосфором и калием, гидролитической кислотностью от 0,92 до 3,50 мг-экв/100 г почвы и содержанием гумуса от 1,4 до 2,1%, что указывает на средний уровень оккультуренности (табл. 1).

Предшественник – озимые и яровые зерновые культуры. Для посева в смесях использовали сорт яровой вики Уголек, гороха посевного Немчиновский 100 и Немчиновский 50, пелюшки – Флора 2, люпина узколистного – Ладный (2018-2022 гг.) и Деко 2 (2023-2024 гг.), из яровых зерновых – пшеница яровая Лиза (2017), Агата (2020), Злата (2018-2019, 2021- 2022-2024), ячмень Московский 86 (2021-2023), Златояр (2020, 2024), овес пленчатый Залп (2017,2021), Яков (2020), голозерный Азиль (2022-2024), Немчиновский 61 (2022).

Дозы фосфорных и калийных удобрений в опытах с вико- и горохо-злаковыми смесями в годы исследований изменялись в пределах от 30 до 100 кг/га Р₂O₅ и от 30 до 120 кг/га K₂O, а в среднем составляли Р₅₀K₇₅, в опыте со смешанными посевами люпина с яровыми зерновыми – Р₆₀K₆₀ в течение всего периода исследования.

Таблица 1
Агрохимическая характеристика почвы опытных участков в годы исследования в слое 0-20 см

Год	Содержание гумуса, %	Показатели			pH _{KCl}	H _r , мг-экв/100г		
		Содержание, мг/кг						
		P ₂ O ₅	K ₂ O					
2017	1,5-1,7	170-230	160-220	6,3-7,0	0,94-1,86			
2018	1,6-1,8	240-320	165-250	5,4-6,0	1,40-1,90			
2019	1,5-1,7	160-300	130-220	5,3-6,7	0,94-2,62			
2020	1,8-2,1	190-220	130-180	5,3-5,8	2,50-2,70			
2021	1,4-1,5	180-220	160-200	5,2-5,6	2,30-3,50			
2022	1,8-2,1	250-350	180-220	4,6-4,9	2,70-3,34			
2023	1,6-1,9	170-290	130-200	5,0-5,8	0,22-1,85			
2024	1,6-1,8	301-309	178-182	5,2-5,4	1,67-2,20			

Дозы азота при предпосевном внесении под вико- и горохо-злаковые смеси составляли 0, 30 и 45 кг/га, под смеси с участием люпина узколистного – 50 кг/га. Из удобрений в разные годы использовали аммофос 8:52, бесхлорное калийное удобрение (56% K₂O), а также сложное удобрение производства Фосагро РК(С) 20:20 (2), NPK (S) 8:20:30 (2) и аммиачную селитру (34,4% N).

Соотношение семян компонентов при посеве в опытах с яровой викой и горохом 50:50%, в опытах с люпином – 1,6 млн/га бобового компонента и 50% от нормы высеява (5,0 млн/га) – злакового. Посев проводили в оптимальные сроки (27.04-8.05) и только в 2021 году – с опозданием, связанным с поздним созреванием зяби.

Бобовый компонент в день посева обрабатывали активным штаммом N₂-фикссирующих бактерий (ВНИИСХМ, г. Пушкин) и раствором молибденокислого аммония. Защита растений в смешанных посевах состояла из двукратной обработки инсекто-фунгицидной смесью (Борей Нео+Колосаль Про) в фазе трех пар настоящих листьев и в бутонизацию соответственно. При этом в баковые смеси добавляли биологически активные препараты органического происхождения с микроэлементами антистрессового и стимулирующего характера: в 2018-2020 гг. – Гумистим Zn, В, в 2022-2024 гг. – комплекс аминокислот с пептидами и микроэлементами (аминозол + лебозол молибден + полный уход, аминозол + лебозол бор, а в 2023-2024 гг. – дополнительно в фазе сизо-блестящего боба – лебозол К-450 для усиления оттока ассимилянтов в бобы.

Площадь элементарной делянки в опытах находилась в пределах 40-60 м², повторность 4-х кратная.

Агрохимический анализ почвы, растений, основной и побочной продукции проводили в сертифицированной лаборатории массовых анализов института с использованием методик и ГОСТов, принятых в Агрохимической службе. Дисперсионный анализ результатов учетов урожая выполняли по Б.А. Доспехову (1985) и использованием компьютерной программы «Statgraf» (ВИУА, 1990).

При разработке схем полевых опытов, программ исследований и наблюдений использовали рекомендации, изложенные в руководствах «Опытное дело в полеводстве» (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (М.А. Федин, 1985), «Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований» (Б.А. Доспехов, 1985).

Длина вегетационного периода смешанных посевов в годы исследований определялась метеорологическими условиями и изменялась от 88-89 дней до 98-111 дней, увеличиваясь с

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. ростом влагообеспеченности. При этом 3 года из 8 (2019, 2021 и 2022 гг.) выделялись засушливостью (ГТК 0,85-0,95), два года (2018 и 2024 гг.) были умеренно засушливыми (ГТК 1,08-1,27), два года (2017 и 2024 гг.) близки к среднему многолетнему показателю (ГТК 1,40-1,55) и один год (2020) характеризовался избыточным увлажнением (ГТК 2,41), что не могло не сказаться на урожайности зерна и продуктивности изучаемых смешанных посевов (табл. 2).

Таблица 2

Метеорологические условия в период от посева до полной спелости зерна

Год	Календарные даты		Сумма $t^o > 10^oC$	Сумма осадков, мм	ГТК (по Селянинову)
	Посев	Полная спелость			
2017	07.05.	25.08.	1624,3	251,8	1,55
2018	08.05.	06.08.	1657,3	187,9	1,13
		14.08.	1819,3	196,4	1,08
2019	27.04.	04.09.	2209,2	195,2	0,87
		09.09.	2290,4		0,85
2020	30.04.	20.08.	1717,6	413,4	2,41
2021	17.05.	15.08.	1817,3	173,0	0,95
2022	07.05.	16.08.	1777,4	161,0	0,91
2023	04.05.	15.08.	1703,5	238,9	1,40
2024	06.05.	05.08.	1667,5	212,4	1,27
Средняя многолетняя (05.05.-17.08.)			1698,3	252,4	1,49

Примечание: в знаменателе – дата учета урожая вико- и горохо-злаковых смесей

Результаты и обсуждение

В среднем за годы исследований по урожайности зерна, накоплению протеина и обменной энергии изучаемые однолетние бобово-злаковые смеси располагались в следующем убывающем ряду: люпин + яровые зерновые > горох + яровые зерновые > вика яровая + яровые зерновые (табл. 3).

Таблица 3

Влияние состава однолетних бобово-злаковых смесей на зерновую продуктивность, 2017-2024 гг.

Показатели	Состав смесей		
	Люпин узколистный + яровые зерновые	Горох + яровые зерновые	Вика яровая + яровые зерновые
Урожайность, т/га	3,76 40	2,94 60	2,88 28
Накопление протеина, т/га	0,76 Переваримого	0,57 0,46	0,48 0,39
Накопление обменной энергии, ГДж/га	47,0	37,2	35,6
Питательность корма	Протеиновая, г/кг	201	192
	Энергетическая, МДж/кг	12,5	12,7

Примечание: в знаменателе – доля бобового компонента, %

В изменяющемся климате Центрального Нечерноземья смешанный посев люпина узколистного с яровыми зерновыми культурами на 26-32% превышал следующие за ним горохо- и вико-злаковые смеси по урожайности зерна и накоплению обменной энергии, на 33-58% – по сбору протеина. При этом зерно конечного урожая первых двух смесей превышало требования оценки качества и питательности, предъявляемые к концентрированным кормам (табл. 3).

Исследованиями установлено, что люпино-злаковые и горохо-злаковые смеси продуктивность максимального уровня, включая показатели урожайности, сбора протеина и

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. энергии, создавали в условиях увлажнения, близких к средним многолетним значениям (ГТК 1,40-1,55). Отклонение ГТК как в сторону повышения влагообеспеченности, так и в сторону уменьшения приводило к снижению продуктивности их на 23-38% и на 32-39% в зависимости от показателя. В наибольшей степени под влиянием ухудшения влагообеспеченности уменьшалось накопление протеина в урожае зерносмесей в связи с заметным снижением доли бобового компонента. В отношении продуктивности вико-злаковых смесей на зерно, урожайность которых в зависимости от ГТК за вегетацию изменялась в пределах 2,13-3,40 т/га, сбор протеина 0,43-0,52 т/га, обменной энергии 27,0-41,8 ГДж/га, четкого ответа на вопрос о наиболее благоприятных условиях увлажнения получить не удалось. Требуется продолжение исследований (табл. 4).

Таблица 4

Влияние метеорологических условий вегетационного периода на зерновую продуктивность бобово-злаковых смесей различного состава. 2017-2024 гг.

Показатели		Гидротермический коэффициент за период посев – полная спелость								
		2,41	1,40-1,55		1,08-1,27		0,87-0,95			
		Состав смесей								
люпин + яровые зерновые	люпин + яровые зерновые	вика + яровые зерновые	горох + яровые зерновые	горох + яровые зерновые	вика + яровые зерновые	люпин + яровые зерновые	люпин + яровые зерновые	вика + яровые зерновые	люпин + яровые зерновые	
Урожайность, т/га		<u>3,64</u> 38	<u>4,73</u> 60	<u>3,12</u> 46	<u>3,52</u> 81	<u>2,35</u> 39	<u>2,13</u> 35	<u>3,26</u> 34	<u>3,42</u> 41	<u>3,40</u> 2
Накопление протеина, т/га	Сырого	0,73	1,02	0,50	0,71	0,43	0,43	0,64	0,65	0,52
	Переваримого	0,58	0,82	0,40	0,56	0,35	0,34	0,51	0,52	0,42
Обменная энергия, ГДж/га		44,8	60,0	38,1	44,3	30,1	27,0	40,6	42,7	41,8
Питательность корма	Протеиновая	201	216	160	202	183	202	196	190	153
	Энергетическая	12,3	12,7	12,2	12,6	12,8	12,7	12,4	12,5	12,3

Примечание: в знаменателе – доля бобового компонента, %

Вопрос об использовании азотного удобрения при выращивании зернобобовых культур в чистых и смешанных посевах до настоящего времени остается дискуссионным. Это объясняется разнообразием почвенных и климатических условий выращивания, видо-сортовыми особенностями культур и компонентов травосмесей.

На достаточно обеспеченной фосфором и калием дерново-подзолистой почве при выращивании люпино-злаковых смесей на зерно, предпосевное внесение 50 кг/га N на фоне Р₆₀К₆₀ наиболее выраженное положительное влияние на урожайность оказывало в условиях избыточного увлажнения (ГТК 2,41), повышая ее на 28% к фону за счет роста злакового компонента в общем урожае с 45% до 79%. Последнее не приводило к росту сбора протеина, но увеличивало накопление обменной энергии в урожае на 29%, что ухудшало как протеиновую, так и энергетическую составляющую питательности корма (табл. 5). Их величины оказывались при этом ниже принятых нормативов и составляли 176 г/кг и 12,2 МДж/кг. С уменьшением влагообеспеченности посевов (ГТК 1,40-1,55) эффективность азотного удобрения по влиянию на урожайность зерна уменьшалась до +5-7%, а в условиях умеренной засушливости (ГТК 1,08-1,27) и вовсе отсутствовала.

Влияние удобрений на зерновую продуктивность однолетних бобово-злаковых смесей различного состава в изменяющемся климате. 2017-2024 гг.

ГТК, год	Состав смеси	Дозы и сочетание удобрений, кг/га	Показатели			
			Урожайность, т/га	Сбор протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га
				Сырого	Переваримого	
2,41, 2020	Люпин + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₆₀ K ₆₀	3,19/55	0,73	0,58	39,9
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	4,08/21	0,72	0,58	49,7
			0,36			
1,40-1,55, 2017-2023	Вика посевная + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₅₀ K ₇₅	2,92/47	0,46	0,37	35,9
		N ₃₀ P ₅₀ K ₇₅	3,38/48	0,56	0,45	41,2
		N ₄₅ P ₅₀ K ₇₅	3,05/44	0,49	0,39	37,2
			0,20			
	Горох + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₅₀ K ₇₅	2,87/77	0,55	0,41	35,8
		N ₃₀ P ₅₀ K ₇₅	3,76/82	0,78	0,62	47,3
		N ₄₅ P ₅₀ K ₇₅	3,95/84	0,80	0,64	49,8
			0,21			
	Люпин + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₆₀ K ₆₀	4,57/73	1,14	0,91	59,0
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	4,88/48	0,91	0,73	61,1
			0,35			
1,08-1,27, 2018-2024	Люпин + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₆₀ K ₆₀	3,18/33	0,63	0,50	40,6
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	3,19/34	0,66	0,53	40,5
			0,17			
	Горох + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₅₀ K ₇₅	2,47/46	0,45	0,36	31,1
		N ₃₀ P ₅₀ K ₇₅	2,32/38	0,43	0,35	30,9
		N ₄₅ P ₅₀ K ₇₅	2,25/33	0,42	0,34	28,3
			0,25			
	Вика посевная + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₅₀ K ₇₅	2,40/36	0,47	0,38	30,4
		N ₃₀ P ₅₀ K ₇₅	1,96/35	0,39	0,31	24,9
		N ₄₅ P ₅₀ K ₇₅	2,03/34	0,42	0,34	25,8
			0,36			
0,87-0,95, 2019, 2021	Люпин + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₆₀ K ₆₀	3,33/49	0,66	0,53	41,7
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	3,50/34	0,64	0,52	43,7
			0,27			
	Вика посевная + яровые зерновые НСР _{05,т/га}	P ₅₀ K ₇₅	2,96/4	0,40	0,32	35,8
		N ₃₀ P ₅₀ K ₇₅	3,59/1	0,55	0,44	44,2
		N ₄₅ P ₅₀ K ₇₅	3,65/1	0,62	0,50	45,5
			0,32			

Примечание: в знаменателе – доля бобового компонента, %

При максимуме урожайности в близких к средним многолетним условиям увлажнения (ГТК 1,40), равном 4,88 т/га (+7% к фону РК) наблюдалось заметное (-20%) снижение накопления сырого и переваримого протеина.

Исходя из вышеизложенного, для люпино-злаковых смесей на зерно, выращиваемых на средне окультуренных дерново-подзолистых почвах с повышенной и высокой обеспеченностью фосфорным и калийным питанием, предпосевного удобрения азотом не требуется. Достаточно применение компенсирующих доз РК по 60 кг/га каждого элемента. Это обеспечивает в зависимости от влагообеспеченности получение от 3,2 до 4,6 т/га

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
зерносмеси с долей люпина 33-73% и накопление обменной энергии 39,9-59,0 ГДж/га, сырого и переваримого протеина 0,63-1,14 т/га и 0,50-0,9 т/га соответственно (табл. 5).

Наибольшее положительное влияние азотного удобрения на урожайность зерна и показатели продуктивности смеси гороха с яровыми зерновыми проявлялось при близкой к средней многолетней влагообеспеченности (ГТК 1,40-1,55). Внесение перед посевом 30-45 кг/га N на фоне P₅₀K₇₅ повышало урожайность зерносмеси на 32-38%, сбор протеина на 42-46% (сырой) и на 51-56% (переваримый), накопление обменной энергии – на 32-39%. Урожайность зерна и показатели продуктивности, близкие к достигнутым максимальным значениям и равные соответственно 3,76 т/га с долей гороха 82%, 0,78 и 0,62 т/га, 47,3 ГДж/га с протеиновой и энергетической питательностью 207 г/кг и 12,6 МДж/кг создавались предпосевным внесением N₃₀ на фоне P₅₀K₇₅. Увеличение дозы N до 45 кг/га способствовало росту рассматриваемых показателей только на 4-7%.

В условиях умеренной засушливости (ГТК 1,08-1,27) урожайность зерна в среднем по вариантам удобрения уменьшалась до 2,35 т/га (-33%). Максимальная величина ее 2,47 т/га с содержанием гороха 46%, накоплением протеина 0,45 т/га (сырой), 0,36 т/га (переваримый), обменной энергии 31,1 ГДж/га с питательностью корма соответственно 182 г/кг и 12,6 МДж/кг создавалась на естественном азотном фоне осенним внесением P₅₀K₇₅, но была на 60% и 34% ниже аналогичных величин, полученных в условиях нормального увлажнения (табл. 5). Необходимо продолжение исследований реакции горохо-злаковых смесей на азот удобрений в более контрастных условиях увлажнения.

Вико-злаковые смеси на зерно выращивали в широком диапазоне влагообеспеченности (ГТК 0,84-1,55). Влияние предпосевного внесения азота в интервале доз 30-45 кг/га в наибольшей степени проявлялось в засушливых (ГТК 0,87-0,95) и нормальных условиях увлажнения (ГТК 1,40-1,55). В первом случае их применение носило линейный, а во втором – затухающий характер. При засухе внесение указанных доз азота повышало урожайность зерносмеси к фону РК на 21-23%, сбор сырого протеина на 38-55%, переваримого – на 38-56%, обменной энергии – на 24-27%. В варианте N₄₅P₅₀K₇₅ урожайность зерна достигала 3,65 т/га при доминировании злакового компонента, накопление протеина – 0,62 и 0,50 т/га, обменной энергии 45,5 ГДж/га, что было соответственно на 23, 55, 56 и 27% выше аналогичных показателей на естественном азотном фоне. В варианте с меньшей дозой азота урожайность зерна и накопление энергии в ней уменьшалась только на 2 и 3% соответственно, но сбор протеина снижался более заметно (-17-18%). Поэтому оптимальным вариантом удобрения следует принять сочетание N₄₅P₅₀K₇₅.

При нормальном увлажнении (ГТК 1,40-1,55) максимум продуктивности обеспечивался сочетанием N₃₀P₅₀K₇₅. Урожайность составляла 3,38 т/га (+16% к фону РК) с долей вики 48%, накопление обменной энергии 41,2 ГДж/га, протеина – 0,56 т/га (сырой) и 0,45 т/га (переваримый). Увеличение дозы N до 45 кг/га не приводило к дальнейшему росту рассматриваемых показателей, что позволяет считать отмеченное сочетание NPK оптимальным для рассматриваемых условий.

При умеренной засушливости (ГТК 1,08-1,27) смеси с участием яровой вики создавали наименьшую продуктивность, максимальные величины которой формировались в варианте P₅₀K₇₅: урожайность 2,40 т/га с долей вики 36%, накопление протеина 0,47 т/га (сырой) и 0,38 т/га (переваримый), обменной энергии – 30,4 ГДж/га. Азот удобрений в указанных выше дозах снижал рассматриваемые показатели на 10-18% при затухающем характере их влияния (табл. 5).

Следовательно, для вико-злаковых смесей на зерно выявляется дифференциация систем удобрения азотом в зависимости от условий увлажнения, свидетельствующая о существенном повышении их эффективности в засушливых условиях. Тем не менее требуются дополнительные исследования в этом направлении в более широком диапазоне метеорологических условий с использованием сортов вики и яровых зерновых культур современного периода селекции.

Изучение эффективности некорневых подкормок биостимуляторами органической природы с высоким содержанием пептидов, аминокислот и микроэлементов показало их

высокую эффективность в условиях выраженной засушливости (ГТК 0,91-0,95) и отсутствие эффекта или даже снижение продуктивности (-2-9%) при умеренной засушливости или нормальном увлажнении. В первом случае двух-трехкратная обработка посевов стимулирующими препаратами в составе баковой смеси инсектофунгицидов в процессе проведения защитных мероприятий способствовала росту урожайности зерна с 2,85 т/га до 4,20 т/га (+47%) в том числе доли люпина с 42% до 49%. Увеличение накопления сырого протеина и энергии при этом составило 79% и 59% или 0,86 т/га и 52,8 ГДж/га при протеиновой и энергетической питательности корма 205 г/кг и 12,6 МДж, что выше принятых нормативов (табл. 6).

Таблица 6

Влияние некорневых подкормок биостимуляторами с микроэлементами на продуктивность люпино-злаковых смесей.

В среднем по факторам, кроме изучаемого. 2021-2024 гг.

Показатели	Гидротермический коэффициент					
	0,91-0,95		1,27		1,40	
	Применение биостимуляторов, – / +					
–	+	–	+	–	+	
Урожайность зерна, т/га, 42	<u>2,85</u> 42	<u>4,20</u> 49	<u>3,20</u> 30	<u>3,22</u> 30	<u>4,78</u> 62	<u>4,68</u> 59
HCP ₀₅ , т/га	0,38	0,54	0,15		F _φ >F _τ	
Накопление протеина, т/га	Сырого Перева- римого	0,48 0,38	0,86 0,68	0,63 0,50	0,62 0,50	1,07 0,86 0,78
Накопление обменной энергии, ГДж/га		34,8	52,8	40,4	41,4	60,9 59,2

Примечание: в знаменателе – доля бобового компонента, %

Заключение

На дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья с повышенной и высокой обеспеченностью пахотного слоя подвижным фосфором и калием в изменяющихся метеорологических условиях вегетационного периода люпино-злаковые смеси по зерновой продуктивности занимали лидирующее положение, за ними располагались смешанные посевы с участием гороха, пельюшки и яровой вики.

Горохо- и вико-злаковые смеси положительно реагировали на предпосевное внесение азотного удобрения в дозах 30-45 кг/га N, увеличивая урожайность зерна и показатели продуктивности на 15-51% к фосфорно-калийному фону. Смеси с участием люпина узколистного детерминантных сортов под влиянием этого фактора повышали только урожайность зерна на 5-28% в зависимости от условий увлажнения за счет роста доли злакового компонента, что отрицательно сказывалось на величинах белковой продуктивности и приводило к разбалансированию корма по питательности.

Применение ростостимуляторов с антистрессовым эффектом в посевах люпино-злаковых смесей положительно влияло на их продуктивность только в засушливых условиях (ГТК 0,91-0,95). В нормальных условиях увлажнения (ГТК 1,40-1,55) их эффективность отсутствовала или наблюдалось снижение продуктивности (-2-9%) к необработанному фону. Требуется продолжение исследований по их эффективности в более широком диапазоне ГТК и ассортимента агрохимикатов.

Работа выполнена по Государственному заданию: «Создание перспективных сортов узколистного люпина и яровой вики, совершенствование технологий возделывания вики яровой в чистых и смешанных посевах применительно к условиям Центрального Нечерноземья, обеспечивающих получение сбалансированных по энергии и протеину объемистых и концентрированных кормов для нужд животноводства и птицеводства». № регистрации 102308180008-1-4.1.6-4.1.6; «Разработка адаптивной

Литература

1. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2022 году. //Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ), Главный Межрегиональный Центр. – М.: -2022. http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29cx_predv_2022.xlsx
2. Суховеева О.Э. Изменение климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном регионе Нечерноземной зоны. //Вестник ВГУ, серия: География. - 2016.- № 4. – С. 41-49.
3. Артюхов А.И., Гапонов Н.В. Перспективные подходы к решению проблемы протеиновой питательности кормов. //Научные основы повышения эффективности систем земледелия и животноводства. Труды региональной научно практической конференции. Калуга. – 2011. – С. 14-18.
4. Акулов А.А. Продукционное и средообразующее значение люпина в севообороте. //Современные достижения и проблемы АПК в Центральном районе Нечерноземной зоны. Материалы научно-практической конференции. – Немчиновка, 4-5 июля 2006. - С. 266-271.
5. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунов В.Д., Тулинова Е.А., Никиточкин Д.Н., Беляев Е.В. Люпинозлаковые смеси на зерно в Центральном Нечерноземье: погода, элементы агротехнологии, продуктивность. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. - № 2(46). – С. 96-106. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-96-106

References

1. Sown areas, gross harvests and crop yields of agricultural crops in the Russian Federation in 2022. Federal State Statistics Service (ROSSTAT), Main Interregional Center. Moscow, 2022. http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29cx_predv_2022.xlsx
2. Sukhoveeva O.E. Changes in climatic conditions and agroclimatic resources in the Central region of the Non-Black Earth Zone. *Vestnik VGU*, series: Geography. 2016, no. 4, pp. 41-49.
3. Artyukhov A.I., Gaponov N.V. Prospective approaches to solving the problem of protein nutrition of feed. Scientific foundations for increasing the efficiency of farming and livestock systems/Proceedings of the regional scientific-practical conf. Kaluga. 2011, pp. 14-18.
4. Akulov A.A. Production and environment-forming value of lupine in crop rotation. Modern achievements and problems of the agro-industrial complex in the Central region of the Non-Chernozem zone. Proceedings of the scientific-practical conf. Nemchinovka, July 4-5, 2006, pp. 266-271.
5. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Nazarova T.O., Shtyrkhunov V.D., Tulinova E.A., Nikitochkin D.N., Belyaev E.V. Lupine cereal mixtures for grain in the Central Non-Black Earth Region: weather, elements of agricultural technology, productivity. *Zernobobovye i krupyanymi kul'tury*. 2023, no. 2 (46), pp. 96-106. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-96-106

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕСИ ЦЕЛЬНОСМОЛОТОЙ ПШЕНИЧНОЙ И КУНЖУТНОЙ МУКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Т.В. КАНДИАНО, ORCID ID: 0006-0009-2982-8286, E-mail: pisma2015@mail.ru

Р.Х. КАНДРОКОВ*, кандидат технических наук,

ORCID ID: 0000-0003-2003-2918, E-mail: nart132007@mail.ru

О.А. СУВОРОВ, доктор технических наук, ORCID ID: 0000-0003-2100-0918,

E-mail: SuvorovOA@mgupp.ru

Е.В. ХМЕЛЕВА**, кандидат технических наук, ORCID ID: 0000-0002-3867-6992,

E-mail: hmelevaev@bk.ru

И.А. ХМЕЛЕВ**

ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«РОСБИОТЕХ», г. МОСКВА

*ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА, г. МОСКВА

**ФГБОУ ВО ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА

Аннотация. Мучные кондитерские изделия являются традиционными продуктами потребления в Российской Федерации, которые доступны всем слоям населения и пользуются постоянным устойчивым спросом. В работе представлен анализ зарубежного и отечественного опыта использования кунжутной муки в производстве мучных изделий. Обосновано использование взамен пшеничной муки высшего сорта и определено рациональное соотношение цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки при производстве творожного печенья – 90:10.

Ключевые слова: цельносмолотая мука, пшеничная мука, кунжутная мука, мучные кондитерские изделия.

Для цитирования: Кандиано Т.В., Кандроков Р.Х., Суворов О.А., Хмелева Е.В., Хмелев И.А. Использование смеси цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки для производства мучных кондитерских изделий. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):219-227 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-219-227

USE OF A MIXTURE OF WHOLE-GRAIN WHEAT AND SESAME FLOUR FOR THE PRODUCTION OF PASTRY GOODS

T.V. Candiano, R.H. Kandrokov*, O.A. Suvorov, E.V. Khmelev, I.A. Khmelev****

FSBEI HE RUSSIAN BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY (ROSBIOTECH), Moscow

* FSBEI HE RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY - K.A. TIMIRYAZEV AGRARIAN UNIVERSITY, Moscow

**FSBEI HE I.S. TURGENEV OREL STATE UNIVERSITY

Abstract: Flour confectionery products are traditional consumer products in the Russian Federation, which are available to all segments of the population and enjoy a constant and stable demand. The paper presents an analysis of foreign and domestic experience in using sesame flour in the production of flour products. The use of high-grade wheat flour in place of sesame flour is substantiated, and the rational ratio of whole-grain wheat flour and sesame flour in the production of cottage cheese cookies is determined as 90:10.

Keywords: wholemeal flour, wheat flour, sesame flour, and flour confectionery products.

Введение

В современном мире на возникновение отклонений в питании, развитие нарушений различного характера в организме оказывают стремительный темп жизни, нехватка времени, экологическая обстановка. Сегодня наблюдается повышение потребительского интереса в оздоровительной роли пищевых продуктов, или их физиологически активных компонентов. Физиологически активные компоненты в пищевых продуктах могут иметь различные положительные эффекты на здоровье человека. Например, некоторые из них могут укреплять иммунную систему, улучшать пищеварение, снижать риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, а также иметь противовоспалительные свойства. Одним из перспективных направлений обеспечения рынка потребительских здоровых продуктов питания является поиск ингредиентов и разработка рецептур мучных кондитерских изделий, пользующихся постоянным устойчивым спросом у покупателей, которые будут сбалансированы по нутриентному составу [1, 2].

Цельнозерновая мука обладает огромным потенциалом, содержит больше питательных веществ, включая витамины, минералы, антиоксиданты и фитохимические соединения в сравнении с мукой сортовой [3], что определяет интерес к выбору подобного сырья как компонента для создания функциональных изделий, рекомендуемых для регулярного употребления любых возрастных групп здорового населения с целью снижения риска заболеваний, связанных с питанием.

Традиционно при производстве мучных кондитерских изделий используется мука пшеничная высшего или первого сорта, получаемая путем избирательного измельчения определенных анатомических частей зерна (в основном эндосперма), «обедненных» такими важными пищевыми элементами, как витамины, клетчатка, минеральные вещества. Зерно, которое содержит оболочки, обладает огромным потенциалом. В составе цельного зерна присутствуют сложные углеводы, протеины, жиры, витамины и микроэлементы в идеальных пропорциях для организма. Оно также является отличным источником клетчатки и комплекса витаминов группы В, Е и А. Наружные оболочки (отруби) содержат более 80 % пищевых волокон (клетчатки), витаминов, микроэлементов и других биологически активных веществ, которые присутствуют во всем цельном зерне [4]. В зародыше зерна, который составляет от 7 до 9 % массы, содержатся белки, жиры, сахар, минеральные соли, витамины, ферменты, и клетчатка. Таким образом, использование цельносмолотой муки пшеницы позволяет не только сохранить исходную пищевую ценность пшеницы, но и обогатить состав мучных кондитерских изделий макро- и микронутриентами.

В последние годы повысился интерес к семенам кунжута, как к пищевому ингредиенту. Кунжут является важной масличной культурой, возделываемой в тропиках и умеренной зоне мира. Семена кунжута богаты белком, маслом, клетчаткой и углеводами [5, 6]. Кунжутное семя содержит 50 % масла, которое обладает высокой устойчивостью к окислению, и 25% белка, являющееся уникальным балансом незаменимых аминокислот и минералов. Семена богаты мононенасыщенными жирными кислотами (олеиновой кислотой) и минералами (кальций, фосфор, марганец, цинк, магний и калий), которые играют жизненно важную роль в организме [7, 8]. Среди всех белков масличных семян, кунжутный белок является наиболее питательным, поскольку он является богатым источником метионина (серосодержащей аминокислоты) и триптофана. Кунжут известен благодаря высокому содержанию полиненасыщенных жирных кислот (ω -3), клетчатки, белков и полифенольных соединений. Эти компоненты признаны за их полезные эффекты, такие как снижение уровня холестерина, улучшение как пищеварительной системы, так и метаболического здоровья [9].

Исследования индийскими учеными показали положительное влияние кунжута и продуктов из него на уровень глюкозы в крови. Кунжут можно считать полезным средством для метаболизма глюкозы в организме человека и, следовательно, он может входить в состав сахароснижающих диет [10].

В ходе современных исследований было выделено и идентифицировано более 180 фитохимических компонентов семян кунжута, включая лигнаны, полифенолы, фитостеролы, фенолы, антрахиноны, цереброзиды, жирные кислоты, витамины, белки, незаменимые

аминокислоты и сахара. Многие из них обладают разнообразными фармакологическими эффектами и приносят большую пользу здоровью человека, а также могут использоваться при лечении различных заболеваний, оказывая противовоспалительное, антиоксидантное, противораковое, антимеланогенное, слухопротезирующее, антихолестериновое и антивозрастное действие [11]. Обогащение семенами кунжута продуктов питания может помочь повысить антиоксидантный потенциал последних и обеспечить дополнительную пользу для здоровья.

Анализ зарубежного и отечественного опыта использования кунжутной муки в производстве мучных изделий показал ее перспективность для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [12].

Учеными Южно-Уральского государственного университета исследовано влияние кунжутной муки на свойства теста и качество пшенично-ржаного хлеба «Славянский». Установлено, что кунжутную муку целесообразно включать в рецептуру хлеба в количестве до 10% взамен пшеничной муки, что обеспечивает сохранение органолептических свойств продукции. Увеличение содержания в хлебе жира (в 5,7 раза), белка (на 48%), магния (в 2,8 раза), фосфора (в 1,7 раза), цинка (в 2,2 раза), марганца (на 30%), железа (на 24%) на фоне снижения глютеновой нагрузки на организм человека [13].

Цельные семена считаются полезными пищевыми ингредиентами, а шрот из них также используется в кондитерских и хлебобулочных изделиях. Кроме того, прозрачные белые семена кунжута получают с помощью специального процесса очистки от кожуры. Полученные семена кунжута затем высушивают, дважды промывают и используют для приготовления булочек для гамбургеров. Белый цвет семян остается неизменным на булочках благодаря особому процессу шелушения и очистки даже после выпечки.

Ореховый привкус кунжута делает его отличным ингредиентом для придания текстуры, аромата и вкуса многочисленным хлебобулочным изделиям, таким как хлеб, батончики с кунжутом, печенье, панировочные палочки, пончики, крекеры, зерновые смеси, торты и булочки. Семена также используются в кондитерских изделиях и конфетах в измельченном и переработанном виде и смешиваются с медом или сладким сиропом на Ближнем Востоке, в Восточной Азии и Южной Азии.

Учеными из Нигерии проведены исследования влияния ферментации, варки, обжарки и проращивания семян кунжута на приблизительный состав и приемлемость печенья, изготовленного из пшеничной муки в сочетании с мукой из семян кунжута. Было показано, что содержание углеводов снижается с увеличением замены обработанной муки из семян кунжута. Известно использование изолята кунжутного белка (в количестве 15%) при производстве маффинов из пшеничной муки.

Учеными Agustin L. Federico I. из США разработана новая рецептура печенья с обезжиренной кунжутной мукой, вносимой не только для увеличения пищевой ценности, но и для улучшения антиоксидантных свойств продукции.

Цель исследования – изучение возможности использования смеси цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки при производстве мучных кондитерских изделий (печенья творожного).

Использование пшенично-кунжутной муки в производстве мучных изделий обладает значительным потенциалом и может быть привлекательным для потребителей благодаря своим пищевым и органолептическим характеристикам.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований использовали муку пшеничную цельносмолотую (ООО "Агрокомбинат Тамбовкрахмал" СТО 12396977-022-2014), муку кунжутную цельносмолотую (ИП Останина А.А. ТУ 10.41.41-003-0149457162-2021), муку пшеничную высшего сорта (ООО «Гарнец» ГОСТ 26574-2017), а также образцы теста и творожного печенья, приготовленные с их использованием.

Оценку химического состава муки проводили на экспресс-анализаторе SPECTRAALYZER GRAIN, водоудерживающей способности муки (ВУС) - с помощью

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. центрифуги Z 167 M Hermle. Структурно-механические свойства теста оценивали по предельному напряжению сдвига на ротационном вискозиметре RHEOTEST RN4. Выпечку изделий осуществляли в лабораторном хлебопекарном шкафу ШХЛ-065 СПУ с последующей оценкой органолептических характеристик изделий (внешний вид, цвет, вкус, запах, текстура, форма, поверхность, вид в изломе) по пятибалльной шкале с построением профилограмм. Определение кислотного и перекисного числа, как критериев окислительной порчи изделий в процессе хранения, производили на анализаторе ИНФРАСКАН-3150.

Результаты исследования

На первом этапе исследований для обоснования возможности использования смеси цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки в качестве обогащающего ингредиента для производства мучных кондитерских изделий был проведен сравнительный анализ их химического состава (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав муки

Наименование показателя	Содержание в муке		
	Цельносмолотой пшеничной	Цельносмолотой кунжутной	Пшеничной высшего сорта
Содержание сырого протеина, %	11,7	33,13	10,8
Содержание сырого жира, %	1,8	13,22	1,3
Содержание растворимых углеводов, %	2,5	8,27	1,0
Содержание легкогидролизуемых углеводов, %	65,0	4,7	65,0
Содержание сырой клетчатки, %	10,7	14,62	3,5
Содержание фосфора, %	0,036	0,37	0,009
Содержание азота, %	2,3	5,1	2,0
Содержание железа, мг/кг	3,6	74,8	1,2
Содержание калия, г/кг	3,63	8,79	1,2
Содержание кальция, г/кг	0,3	3,41	0,18
Содержание магния, г/кг	1,37	3,99	0,16
Содержание марганца, мг/кг	4,1	17,56	0,57
Содержание меди, мг/кг	4,1	8,89	1,0
Содержание натрия, мг/кг	2,0	170,0	3,0
Содержание цинка, мг/кг	2,6	27,99	0,7

Из полученных результатов видно, что цельносмолотая мука по содержанию основных пищевых веществ превосходит муку высшего сорта, выгодно отличаясь по количеству белковых веществ, пищевых волокон и всему перечню минеральных элементов. Мука кунжутная имеет более высокую пищевую ценность благодаря весому содержанию в ней белков и жиров, а также основных минеральных веществ. Таким образом, замена муки пшеничной высшего сорта в рецептуре печенья на смесь цельносмолотой пшенично-кунжутной муки позволит повысить пищевую ценность изделий.

Органолептические показатели и внешний вид исследуемой муки приведены в таблице 2 и на рисунке 1.

Органолептические показатели муки

Наименование образца	Показатели оценки		
	Цвет	Вкус	Запах
Мука пшеничная цельносмолотая	Белый с желтоватым оттенком с частицами оболочек зерна	Свойственный данному виду муки, без кисловатого, горьковатого и других посторонних привкусов	Свойственный нормальной муке, без запаха плесени, затхлости и других посторонних запахов
Мука кунжутная цельносмолотая	Бежевый	Свойственный семенам кунжута, с легкой горечью	Свойственный семенам кунжута, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый
Мука пшеничная высшего сорта	Белый	Сладковатый приятный вкус без горьковатого и кислого привкуса	Приятный, свежий запах, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый



Рис. 1. Образцы исследуемых видов муки (№ 1 – пшеничная мука цельносмолотая; № 2 – кунжутная мука цельносмолотая; № 3 – пшеничная мука высшего сорта)

Важной технологической характеристикой муки является ее водоудерживающая способность (табл. 3), которая во многом определяется химическим составом муки.

Таблица 3

Водоудерживающая способность муки

Наименование образца	ВУС, %
Мука пшеничная цельносмолотая	82±4
Мука кунжутная цельносмолотая	390±16
Мука пшеничная высшего сорта	72±4

Согласно экспериментальным данным таблицы 3, водоудерживающая способность у кунжутной муки в среднем в 5,4 раза выше, чем у цельносмолотой пшеничной муки и пшеничной муки высшего сорта. Такие свойства кунжутной муки обусловлены тем, что белки и пищевые волокна, содержащиеся в кунжутной муке, способны дополнительно связывать и удерживать воду.

Для определения рациональных дозировок цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки при производстве мучных кондитерских изделий были изготовлены образцы печенья творожного, в рецептуре которого мука пшеничная высшего сорта была полностью заменена на цельносмолотую пшеничную и кунжутную в различном соотношении (70:30, 80:20, 85:15, 90:10, 95:5). Для сравнения использовался контрольный образец печенья, приготовленный из пшеничной муки высшего сорта.

Реологические свойства теста представлены на рисунке 2.

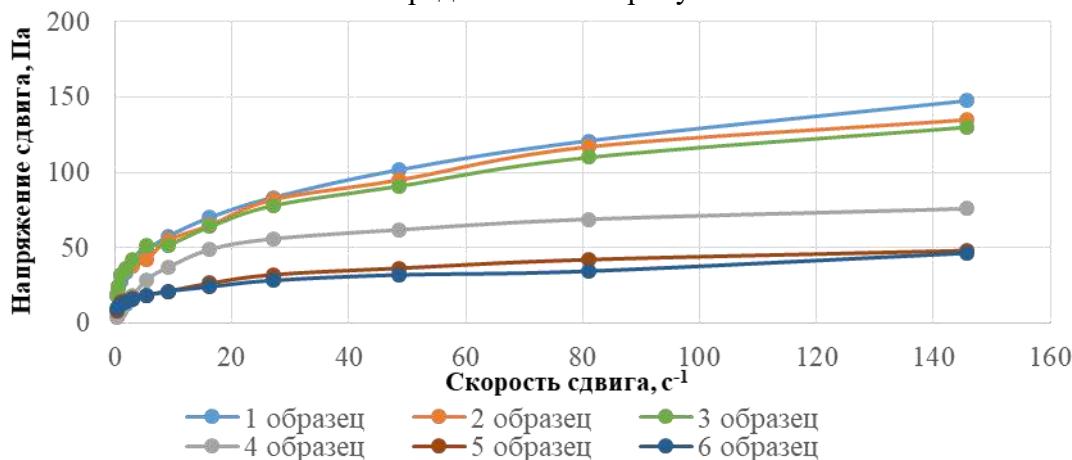


Рис. 2 Предельное напряжение сдвига образцов теста (1 образец – 70:30; 2 образец – 80:20; 3 образец – 85:15; 4 образец – 90:10; 5 образец – 95:5, 6 образец - контроль)

Полученные результаты констатируют следующее: при увеличении дозировки цельносмолотой кунжутной муки наблюдается увеличение вязкости теста, оно приобретает более плотную текстуру, поскольку кунжутная мука в отличие от пшеничной лишена клейковины – компонента, который придает тесту эластичность и способность растягиваться.

Органолептическая оценка выпеченного печенья (рис. 3) позволила установить рациональные дозировки вносимой цельносмолотой кунжутной муки – 5 и 10 % от общего веса муки, позволяющие получать изделия хорошего качества.

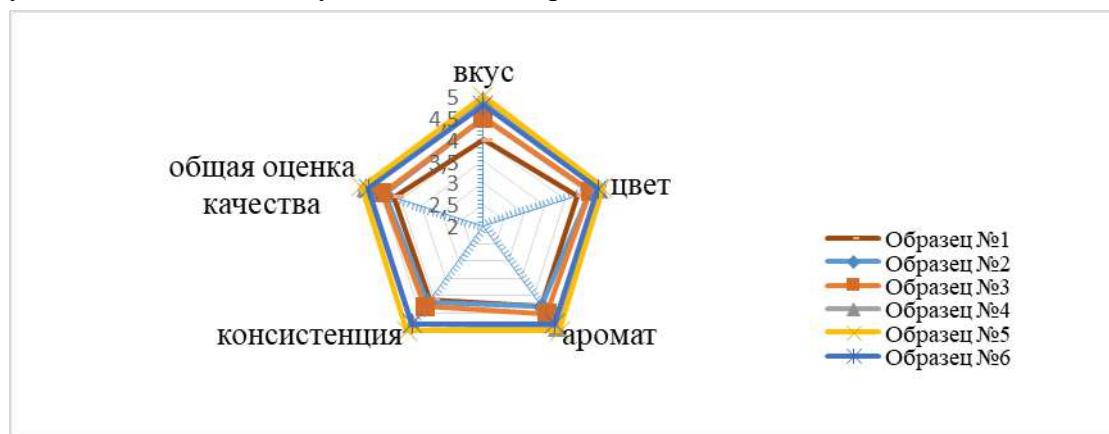


Рис. 3. Профилограммы образцов печенья

Образцы печенья с содержанием кунжутной муки свыше 10 % не получили одобрения от экспертов из-за горьковатого послевкусия. В связи с этим, а также с точки зрения пищевой и биологической ценности, было выбрано рациональное соотношение цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки для производства творожного печенья – 90:10.

Мучные кондитерские изделия группы печенья относятся к изделиям с низкой влажностью, в которых протекают, преимущественно, процессы окислительной порчи жиров. Учитывая, что в разработанных изделиях одним из рецептурных компонентов выступает мука кунжутная, содержащая высокое количество жиров, считали целесообразным проверить изменение кислотного и перекисного чисел в процессе хранения печенья. Измерения проводились стандартными методами каждые 10 дней на протяжении 39 дней. Результаты исследования отражены на рисунках 4,5.



Рис. 4. Кислотное число липидов образцов творожного печенья

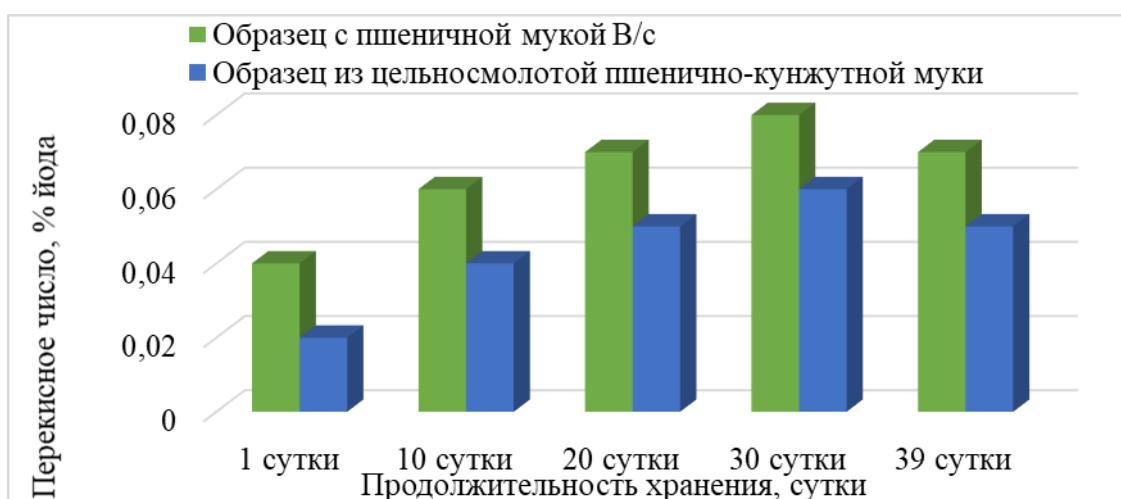


Рис. 5. Изменение перекисного числа липидов образцов творожного печенья

Как видно из представленных данных, значение кислотных чисел начинает повышаться на 20-е сутки. К 39-м суткам в контроле содержание свободных жирных кислот уменьшается, что, по мнению авторов, может быть связано с протеканием гидролитических процессов и полимерацией липидов, аккумуляцией азотистых оснований и активностью ферментов. В экспериментальных образцах изменение кислотного числа, вероятно, может быть связано с более высоким содержанием липидов в цельносмолотой кунжутной муке, а также более активным гидролизом и окислением в процессе хранения.

По уровню перекисных соединений в жире можно судить о процессах окисления и порчи продукта, которые происходят значительно раньше, чем это можно заметить органолептически. После 39 суток хранения образцов значение перекисных чисел достигает максимума, после чего начинает уменьшаться. Однако образец из смеси цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки имеет более низкие значения перекисных чисел, что указывает на возможность увеличения срока годности печенья из смеси цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки.

Заключение

В результате проведенных исследований и анализа полученных результатов разработана технология производства мучных кондитерских изделий (творожного печенья) из цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки, позволяющая получать высококачественные изделия с хорошей текстурой, вкусом и пищевой ценностью.

Литература

1. Бань М.Ф. Обзор нетрадиционных видов муки и исследование возможности их использования в рецептурах мучных кондитерских изделий. // Потребительская кооперация. – 2019. – № 3 (66). – С. 78-81.
2. Сидоренко Е.В. Анализ российского рынка мучных кондитерских изделий с применением нетрадиционного сырья. // Стратегии бизнеса. – 2022. – №2. – С. 14-16.
3. Турсунбаева Ш.А., Изтаев А.И., Магомедов М.Г., Якияева М.А. Разработка инновационных технологий хлебных изделий из цельносмолотой муки разных классов // Вестник ВГУИТ. – 2019. – № 4 (82). – С. 114-116.
4. Магомедов Г.О., Шевякова Т.А., Чернышева Ю.А. Сбивные мучные кондитерские изделия на основе муки из цельносмолотого зерна. // Вестник ВГУИТ. – 2019. – №1 (59). – С. 25-31.
5. Bedigian D. Sibt-e-Abbas, M.; Butt, M.S.; Khan, M.R.; Shahid, M. Characterization of Sesame (Sesamum indicum L.) Germplasm: A Critique // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 57. – P. 641-647.
6. Elleuch M., Besbes S.; Roiseux O.; Blecker C., Attia, H. Quality Characteristics of Sesame Seeds and By-Products // Food Chem. – 2022. – Vol. 103. – P. 641-650.
7. Fasuan T.O. Characterization of Protein Isolate from Sesamum indicum Seed: In Vitro Protein Digestibility, Amino Acid Profile, and Some Functional Properties. Food Sci. Nutr. – 2018. – Vol. 6. – P. 1715-1723.
8. Haixia L., Lu C. Sesamum indicum L. (Heizhima, Black Sesame). In Dietary Chinese Herbs; Springer: Vienna, Austria. – 2021. – P. 525-533.
9. Morris J.B., Wang M.L., Tonnis B.D Variability for Oil, Protein, Lignan, Tocopherol, and Fatty Acid Concentrations in Eight Sesame (Sesamum indicum L.) Genotypes // Ind. Crops Prod. – 2021. – Vol. 164. – P. 1071-1082.
10. Mohammad Shahi M., Zakerzade M., Zakerkish M., Zarei M., Saki, A. Effect of sesamin supplementation on glycemic status, inflammatory markers, and adiponectin levels in patients with type 2 diabetes mellitus // Journal of Dietary Supplements. – 2022. – Vol. 14 (1). – P. 65-75.
11. Majdalawieh A.F., Massri M., Nasrallah G.K. Comprehensive Review on the Anti-Cancer Properties and Mechanisms of Action of Sesamin, a Lignan in Sesame Seeds (Sesamum indicum) // European Journal of Clinical Pharmacology. – 2017. – Vol. 815. – P. 512-521.
- 12 Суворов О.А., Кандров Р.Х., Кандиано Т.В. Разработка технологии продуктов питания с применением смеси цельносмолотой пшеничной и кунжутной муки. // Food metaengineering. – 2024. – №2(4).
13. Наумова Н.Л., Бурмистрова О.М., Бурмистров Е.А., Савостина Т.В. Применение кунжутной муки в рецептуре хлеба "Славянский. // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 3 (47). – С. 125-131.

References

1. Ban M.F. Overview of non-traditional types of flour and research of the possibility of their use in the formulations of flour confectionery products. *Consumer Cooperation*, 2019, no. 3(66), pp. 78–81. (In Russ.)
2. Sidorenko E.V. Analysis of the Russian market of flour confectionery products with the use of non-traditional raw materials. *Business Strategies*, 2022, no. 2, pp. 14-16. (In Russ.)
3. Tursunbayeva Sh.A., Iztaev A.I., Magomedov M.G., Yakiyaeva M.A. Development of innovative technologies of bread products from whole-ground flour of different classes. *Vestnik VGUIT*, 2019, no. 4 (82), pp. 114-116. (In Russ.)
4. Magomedov G.O., Shevyakova T.A., Chernysheva Yu.A. Whipped flour confectionery products based on whole grain flour. *Vestnik VGUIT*, 2019, no. 1 (59), pp. 25–31. (In Russ.)
5. Bedigian D. Sibt-e-Abbas, M.; Butt, M.S.; Khan, M.R.; Shahid, M. Characterization of Sesame (Sesamum indicum L.) Germplasm: A Critique. *Food Chemistry*, 2010. - Vol. 57, pp. 641–647.
6. Elleuch M., Besbes S.; Roiseux O.; Blecker C., Attia, H. Quality Characteristics of Sesame Seeds and By-Products. *Food Chem*, 2022, Vol. 103, pp. 641–650.
7. Fasuan T.O. Characterization of Protein Isolate from Sesamum indicum Seed: In Vitro Protein Digestibility, Amino Acid Profile, and Some Functional Properties. *Food Sci. Nutr*, 2018, Vol. 6, pp. 1715–1723.

-
8. Haixia L., Lu C. *Sesamum indicum* L. (Heizhima, Black Sesame). In *Dietary Chinese Herbs*; Springer: Vienna, Austria, 2021, pp. 525–533.
 9. Morris J.B., Wang M.L., Tonnis B.D. Variability for Oil, Protein, Lignan, Tocopherol, and Fatty Acid Concentrations in Eight Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes // *Ind. Crops Prod.*, 2021, Vol. 164, pp. 1071–1082.
 10. Mohammad Shahi M., Zakerzade M., Zakerkish M., Zarei M., Saki, A. Effect of sesamin supplementation on glycemic status, inflammatory markers, and adiponectin levels in patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Dietary Supplements*, 2022, Vol. 14 (1), pp. 65–75.
 11. Majdalawieh A.F., Massri M., Nasrallah G.K. Comprehensive Review on the Anti-Cancer Properties and Mechanisms of Action of Sesamin, a Lignan in Sesame Seeds (*Sesamum indicum*). *European Journal of Clinical Pharmacology*, 2017, Vol. 815, pp. 512–521.
 12. Suvorov O.A., Kandrokova R.Kh., Kandiano T.V. Development of food technology using a mixture of whole-grain wheat and sesame flour. *Food metaengineering*. 2024, no.2(4). (In Russ.)
 13. Naumova N.L., Burmistrova O.M., Burmistrov E.A., Savostina T.V. Application of sesame flour in the recipe of Slavyansky bread. *Far Eastern Agricultural Bulletin*, 2018, no. 3 (47), pp. 125–131. (In Russ.)

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРТ БОБОВ КОРМОВЫХ НАДЕЖНЫЕ

М.А. ТОЛКАЧЕВА, старший научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье изложены результаты селекционной работы по созданию нового сорта бобов кормовых Надежные. Приведены экспериментальные данные за 2023–2025 годы изучения сравнительной оценки сорта Надежные с сортом Янтарные по урожайности, содержанию белка, длине вегетационного периода и другим признакам.

Новый сорт бобов кормовых Надежные создан методом массового отбора элитных растений из гибридной популяции F_2 Porsvanetika (Польша) × Орлецкие (Россия). Максимальная урожайность – 5,20 т/га у сорта бобов кормовых Надежные была получена в 2025 году. Средняя урожайность составила 3,97 т/га. Содержание белка в семенах 31,6%, что больше, чем у стандарта на 1,2%. В 2025 году сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений и рекомендован к использованию в Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Орловской и Тамбовской областях России.

Ключевые слова: бобы кормовые, сорт, конкурсное испытание, вегетационный период, белок, урожайность.

Для цитирования: Толкачева М.А., Перспективный сорт бобов кормовых Надежные. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):228-232 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-228-232

A PROMISING VARIETY OF FODDER BEANS NADEZHNYE

Tolkacheva M.A.

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: The article presents the results of breeding work to create a new variety of fodder beans Nadezhnye. The experimental data for 2023–2025 are presented for a comparative study of the Nadezhnye variety with the Yantarnye variety in terms of yield, protein content, length of the growing season, and other characteristics.

The new variety of fodder beans Nadezhnye was created by mass selection of elite plants from the hybrid population F_2 Porsvanetika (Poland) × Orletskie (Russia). The maximum yield of 5.20 t/ha for the Nadezhnye fodder bean variety was obtained in 2025. The average yield was 3.97 t/ha. The protein content in the seeds is 31.6%, which is 1.2% more than the standard. In 2025, the variety was included in the State Register of Breeding Achievements and recommended for use in the Belgorod, Voronezh, Kursk, Lipetsk, Oryol, and Tambov regions of Russia.

Keywords: fodder beans, variety, competitive testing, vegetation period, protein, yield.

Приоритетной задачей сельского хозяйства является обеспечение своей продовольственной безопасности на основе роста урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества получаемой продукции. Дефицит и низкое качество растительного белка ограничивают темпы экономического развития животноводства и, следовательно, являются важнейшей проблемой производства кормов. Поэтому необходимо увеличить долю зернобобовых культур в кормах.

Другой важной проблемой современного сельского хозяйства является деградация земель. Растения семейства бобовых являются наиболее важным источником биологического

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. азота в растениеводстве. Чтобы преодолеть нынешнюю нехватку растительных кормов и пищевого белка в рамках биологического земледелия, необходимо обратить пристальное внимание на самую древнюю сельскохозяйственную культуру – бобы (*Vicia faba* L.) [1].

Бобы кормовые – ценная продовольственная культура с большим биоресурсным потенциалом [2, 3]. В семенах и вегетативных органах бобов большое количество каротина, витаминов А, В, В2, С, Д, Е, РР и др., а так же все незаменимые аминокислоты, в количествах, необходимых для полноценного корма: аргинин – 8,05%, лизин – 2,2%, метионин – 1,58%, тирозин – 3,15%, триптофан – 1,3% и др. [4, 5, 6].

Возделывание бобовых культур, в том числе и кормовых бобов, отличается весьма сложной технологией, зависящей от многих факторов. Немаловажное значение имеет создание нового сорта, пригодного для возделывания в конкретных агроклиматических условиях, чтобы он мог максимально реализовать свой генетический потенциал.

В 2022 году новый сорт бобов кормовых Надежные был передан на Государственное сортоиспытание, в 2025 году он включён в **Государственный реестр селекционных достижений**.

Материал и методика

Сорт бобов кормовых Надежные изучался в конкурсном сортоиспытании в 2023 – 2025 годах в селекционном севообороте лаборатории селекции зернобобовых культур ФНЦ ЗБК (рис. 1).



Rис. 1. Опытные посевы сорта бобов кормовых Надежные

Предшественник – чистый пар. Почва опытного участка темно серая лесная, содержание гумуса по Тюрину 4,6-5,0%, pH солевой вытяжки – 4,8-5,2.

Посев бобов в 2023 году был 22 апреля, уборка была проведена 16 августа. Погодные условия лета 2023 года сложились весьма напряженными по влагообеспеченности и температурному режиму. В мае было на 4,5°C холоднее среднемноголетних показателей, поэтому начало всходов было зафиксированы 5 мая, полные всходы – 8 мая 2023 года. Во второй и третьей декаде мая из-за слабого увлажнения верхнего слоя почвы условия для роста и развития растений бобов кормовых были малоблагоприятными. В июне также наблюдалось сильное недостаточное увлажнение почвы, осадков выпало 61,1% от среднемноголетней нормы. В третьей декаде июля выпало 203,6% нормы осадков, что

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. растянуло сроки созревания растений. Температурный режим в июне и июле был оптимальный для роста растений бобов кормовых.

Погодные условия апреля 2024 года сложились благоприятными, что способствовало раннему посеву семян. Температура в апреле была выше среднемноголетней на 6,6°C, 3,6°C и 1,6°C в первой, во второй и третьей декадах апреля соответственно. Посев был произведен 13 апреля. В связи с недостаточным увлажнением почвы первые всходы появились на 10 день после посева, полные всходы были отмечены на 14 день после посева. В мае рост растений приостановился, так как стояла холодная для мая погода, температура была ниже среднемноголетней на 2,9°C в первой декаде и на 3,8°C – во второй декаде мая.

В июне сложились благоприятные погодные условия для растений бобов кормовых с достаточным увлажнением почвы и температурой выше среднемноголетней. Гибридизация пришла на 10-16 июня. В июле также стояла довольно жаркая погода, что способствовало раннему созреванию растений бобов кормовых. Фаза уборочной (полной) зрелости образцов бобов кормовых пришла на период 25-28 июля, детерминантных форм – на 14-16 июля.

В апреле стояла теплая, с достаточным увлажнением, погода. Посев был проведен в ранние сроки – 18 апреля. Полные всходы были отмечены через две недели после посева. Погода в мае была неблагоприятной для роста и развития бобов. Температура ниже нормы на 2,8°C. Осадков за май выпало 59,0% от среднемноголетней нормы. Дальнейшая погода благоприятствовала активному росту и развитию бобов. Фаза бутонизации началась в первых числах июня, что значительно раньше среднемноголетних показателей. Однако холодная и дождливая погода во второй и третьей декаде июня затормозила развитие растений. Июль был теплее среднемноголетних показателей на +1,7°C и позволил растениям бобов кормовых довольно равномерно созревать. Уборка опытных делянок была проведена 18 августа.

Посев сплошной рядовой с нормой высева 550 тыс. всхожих семян на гектар. Площадь делянки 25 м². Высевали в 4-х кратной повторности. За стандарт использовали сорт Янтарные, районированный в Орловской области. Учет и фенологические наблюдения проводились по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971). Отбор снопового материала осуществляли по 30 растений для анализа по элементам структуры урожая. Уборка однофазная комбайном «Сампо-130». В 2025 году по результатам государственного сортоиспытания новый сорт бобов кормовых Надежные внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущен к использованию по 5 региону.

Авторы сорта: Толкачева М.А., Вороничев Б.А., Задорин А.М., Гусарова И.Л.

Схема селекционного процесса с бобами кормовыми включала: 1) коллекционный питомник; 2) питомник гибридизации; 3) гибридный питомник F₁; 4) гибридные питомники F₂ – F₅; 5) селекционный питомник 1-го года; 6) селекционный питомник 2-го года; 7) контрольный питомник; 8) конкурсное сортоиспытание; 9) питомник размножения.

Результаты и обсуждение

Сорт Надежные выведен методом массового отбора элитных растений из гибридной популяции F₂ Porsvanetika (Польша) × Орлецкие (Россия). Скрещивание проводили в 2014 году. В 2022 году линия 14-433 была передана в ГСИ как сорт Надежные (рис. 1, 2).

Растение средней высоты, стебель имеет слабую антоциановую окраску, лист средний-длинный, средний-широкий. Цветение раннее, цветок длинный. Меланиновое пятно и окраска паруса имеется. Семена бежевые, широкоэллиптические, чёрная окраска рубчика имеется.

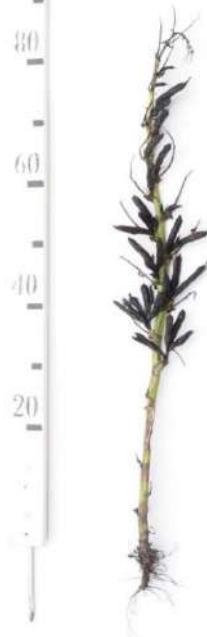


Рис. 1. Растение бобов кормовых сорта Надежные



Рис. 3. Семена и бобы сорта Надежные

Максимальная урожайность 5,20 т/га у сорта бобов кормовых Надежные была в 2025 году. Средняя урожайность за последние три года составила 3,97 т/га, что на 0,22 т/га больше, чем у стандарта Янтарные (табл. 1).

Содержание белка у сорта Надежные также превышает стандарт на 1,2% и составила в среднем за три года 31,6%.

Таблица 1

Урожайность, содержание белка и вегетационный период у сортов бобов кормовых Надежные и Янтарные (ст.), 2023-2025 гг.

Сорт	Урожай семян, т/га				Содержание белка в семенах, %	Вегетационный период, сут
	2023	2024	2025	Среднее		
Надежные	3,23	3,49	5,20	3,97	31,6	101
Янтарные, ст	3,02	3,24	4,98	3,75	30,4	102
HCP _{0,5}	1,3	1,8	1,4	-	-	-

Продолжительность вегетационного периода (от всходов до хозяйственной спелости) в зависимости от складывавшихся погодных условий колебалась у сорта Надежные от 91 до 108 дней, у стандарта Янтарные – от 93 до 108 дней и в среднем за годы испытаний составляла соответственно 101 и 102 дня соответственно (табл. 1). Результаты структурного анализа растений бобов кормовых приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика растений бобов кормовых у сортов Надежные и Янтарные

Показатели	Надежные			Сред- нее	Янтарные (ст.)			Сред- нее
	2023	2024	2025		2023	2024	2025	
Длина стебля, см	75,9	83,4	107	88,8	69,0	72,0	90,1	77,0
Высота прикрепления нижнего боба, см	32,9	33,1	37,9	34,6	29,5	29,4	31,1	30,0
Число бобов, шт	8,98	7,86	10,4	9,08	7,65	7,00	7,3	7,32
Число семян, шт	25,0	25,4	32,4	27,6	22,4	20,4	20,4	21,1
Число семян в бобе, шт	2,78	3,23	3,11	3,04	3,01	2,85	2,80	2,89
Масса семян, г	12,2	10,8	16,1	13,0	11,8	8,16	10,0	9,99
Масса 1000 семян, г	488	425	497	470	526	400	490	472

Сорт Надежные превосходит сорт Янтарные по длине стебля и высоте прикрепления нижнего боба (табл. 2) и, следовательно, более технологичным можно назвать сорт Надежные.

Такие показатели как число бобов на растении и число семян с растения также превосходят у сорта Надежные в отличие от сорта Янтарные и составляют 9,08 и 27,6, и 7,32 и 21,1 соответственно. Это обеспечивает более высокую семенную продуктивность и урожайность. Масса 1000 семян у нового сорта на уровне стандарта.

Заключение

Новый сорт бобов кормовых Надежные, выведенный методом массового отбора элитных растений из гибридной популяции F_2 Porsvanetika × Орлецкие, имеет более высокий потенциал урожайности в отличие от стандарта. Более высокое прикрепление нижних бобов (34,6 см) и устойчивость к полеганию делают его пригодным к уборке прямым комбайнированием.

Учитывая достоинства сорта Надежные, Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений допустила его к возделыванию в Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Орловской и Тамбовской областях России с 2025 года [7].

Литература

1. Kurkina Yu. N. The breeding value of vicia faba L. with increased seed productivity // Заметки ученого. – 2023. – № 3. – С. 138-142.
2. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важнейший фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 6-13.
3. Sing A. K. Faba Bean (Vicia faba L.) / A. K. Sing, B. P. Bhatt // A potential leguminous crop of India. – Patna/ – 2012. – 518 р.
4. Красовская А. В. Веремей Т. М. Зернобобовые культуры в подтайге Омской области // Первый Международный Форум «Зернобобовые культуры – развивающееся направление в России». / Омский гос. аграр. ун-т. – Омск: Полиграфический центр КАН, – 2016. – С. 76-78.
5. Красовская А. В. Веремей Т. М. Сравнительное изучение зернобобовых культур в Западной Сибири. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1. – С. 14-17.
6. Таланов И. П. Кормовые бобы – перспективная зернобобовая кормовая культура. // Вестник Казанского ГАУ. – 2013. – № 4(30). - С. 146-149.
7. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selekszionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/nadezhnye-boby-kormovye/>

Rerefences

1. Kurkina Yu. N. The breeding value of vicia faba L. with increased seed productivity. *Zametki uchenogo*, 2023, no. 3, pp. 138-142
2. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Naumkin V.V. Pulses are a key factor in sustainable, environmentally oriented agriculture. *Zernobobovye i krupyaneye kul'tury*, 2016, no.1 (17), pp. 6-13.
3. Sing A. K., Bhatt B. P. Faba Bean (Vicia faba L.). A potential leguminous crop of India, Patna, 2012, 518 p.
4. Krasovskaya A. V. Veremei T. M. Pulses in the Omsk Region's subtaiga. The First International Forum "Pulses - A Developing Sector in Russia". Omskii gos. agrar. un-t, Omsk: KANN Publ., 2016, pp. 76-78.
5. Krasovskaya A.V. Veremei T. M. Comparative study of leguminous crops in Western Siberia. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, no. 1, pp. 14 - 17.
6. Talanov I. P. Forage beans are a promising grain legume forage crop. *Vestnik Kazanskogo GAU*, 2013, no. 4(30), pp. 146-149.
7. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selekszionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/nadezhnye-boby-kormovye/>

ОКСКИЙ – НОВЫЙ СОРТ ГОРОХА ПОЛЕВОГО

С.В. ПОНОМАРЕВА, старший научный сотрудник, ORCID0000-0002-5532-3574
Н.А. КОДОЧИЛОВА, кандидат биологических наук, ORCID 0000-0003-1971-2668,
E-mail: nnov-niish@mail.ru

ФГБОУ ВО НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Л.Я. ФЛОРЕНТЬЕВА, г. Нижний Новгород

Аннотация. В статье дана характеристика нового сорта гороха полевого Окский по важнейшим хозяйственно ценным и морфологическим признакам. Сорт создан методом двукратного индивидуального отбора из гибридной комбинации *Or 85-173 x Г-3275 (Труженик x Норд)*. Разновидность сорта – *tenax, tenaci – fuscum*. По результатам конкурсных сортоиспытаний, проведенных в 2021-2023 гг., установлено, что сорт гороха Окский значительно превосходит стандартный сорт Рябчик по комплексу селекционно ценных признаков. Он характеризуется высокой и стабильной урожайностью семян (1,34 т/га) и зеленой массы (25,8 т/га), превосходящей стандарт на 0,23 и 4,8 т/га соответственно. Сорт Окский отличается высокой натурой зерна – 760 г/л, содержанием белка в семенах – 25,4%, сырого протеина в зеленой массе – 19,4%. Масса 1000 семян составляет 179 г, что на 13 г превышает стандарт. Новый сорт относится к среднеспелому типу, вегетационный период составляет 65-70 дней. Одно из главных достоинств сорта – устойчивость к полеганию, что позволяет проводить его уборку механизированно. Обнаружено, что сорт гороха Окский обладает высокой полевой устойчивостью к основным вредителям (клубеньковому долгоносику и гороховой плодожорке) и болезням (аскохитозу). По результатам государственного сортоиспытания сорт Окский зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений (патент № 13594 от 27.04.2024 года), рекомендован для использования в Волго-Вятском регионе РФ.

Ключевые слова: горох полевой, сорт, урожайность, устойчивость.

Для цитирования: Пономарева С.В., Кодочилова Н.А. Окский – новый сорт гороха полевого. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):233-238 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-233-238

OKSKY – A NEW VARIETY OF FIELD PEAS

S.V. Ponomareva, N.A. Kodochilova

NIZHNY NOVGOROD STATE FLORENTYEV AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY,
Nizhny Novgorod

Abstract: The article presents the characteristics of the new variety of field peas Oksky according to the most important economically valuable and morphological features. The variety was created by double individual selection from a hybrid combination of *Or 85-173 x G-3275 (Truzhennik x Nord)*. The variety of the variety is *tenax, tenaci – fuscum*. According to the results of competitive variety tests conducted in 2021-2023, it was established that the Oksky pea variety is significantly superior to the standard Ryabchik variety in terms of a complex of selectively valuable characteristics. It is characterized by a high and stable yield of seeds (1.34 t/ha) and green mass (25.8 t/ha), exceeding the standard by 0.23 and 4.8 t/ha, respectively. The Oksky variety is characterized by high grain nature - 760 g/l, protein content in seeds - 25.4%, raw protein in green mass - 19.4%. The mass of 1000 seeds is 179 g, which is 13 g higher than the standard. The new

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г.
variety belongs to the mid-season type, the growing season is 65-70 days. One of the main advantages of the variety is resistance to lodging, which allows it to be harvested mechanically. It was found that the Oksky pea variety has high field resistance to the main pests (nodular weevil and pea moth) and diseases (ascocytosis). After the results of state variety testing, the Oksky variety was registered in the state register of protected achievements (patent No. 13594 of 27.04.2024), recommended for cultivation in the 4th (Volga-Vyatka) region.

Keywords: field peas, variety, yield, stability.

Горох – основная зернобобовая культура в нашей стране. В структуре производства зернобобовых культур посевы гороха составляют 74% [1]. Его широкое распространение объясняется высокими пищевыми и кормовыми достоинствами, а также высокой приспособленностью к различным почвенно-климатическим условиям [2]. Особенno велико значение в кормопроизводстве полевого гороха (пельюшки) с сильно развитой вегетативной массой, отличающегося не только высоким содержанием белка, но и сбалансированным аминокислотным составом. Включение его в рацион сельскохозяйственных животных позволяет снизить расход кормов на производство животноводческой продукции и значительно удешевить их себестоимость [3]. Семена гороха полевого используют и как один из видов зернового высокобелкового сырья для производства комбикормов. В кормовых целях также широко используется зеленая масса и сено этой культуры.

Полевой горох лучше посевного заглушает сорняки, а часть его форм может произрастать даже на более кислых и сухих песчаных почвах. Однако посевные площади под ним небольшие и растут они крайне медленно, что объясняется, главным образом, низкой урожайностью семян. Поэтому, одним из основных требований, предъявляемых к пельюшкам, является сочетание урожайности зеленой массы и семян при высокой технологичности возделывания [4].

Главную роль в повышении продуктивного и адаптивного потенциала гороха играет селекционная работа, направленная на улучшение как отдельных селекционно ценных признаков, так и создание большого набора разноплановых взаимодополняющих сортов. Динамическая замена старых сортов новыми, более устойчивыми к комплексу абиотических и биотических стрессов, с высокими качественными показателями зерна и зеленой массы, будет способствовать повышению урожайности и валовых сборов данной культуры.

Цель исследований – создание нового адаптивного стрессоустойчивого сорта гороха полевого с комплексом хозяйственно ценных признаков для широкого возделывания в почвенно-климатических условиях Волго-Вятского региона.

Материал и методы исследований

Отвечая современным требованиям, предъявляемым к сортам, в отделе селекции и семеноводства Нижегородского НИИСХ совместно с Фаленской селекционной станцией – филиалом ФГБУН ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого в 2024 году был создан новый сорт гороха полевого зерно-укосного направления Окский.

В основе создания сорта лежит метод межсортовой гибридизация с последующим индивидуальным, непрерывным целенаправленным отбором. Сорт Окский был выведен из гибридной комбинации Op 85-173 x Г-3275 (Труженик x Норд). Элитные растения были выделены из гибридной популяции в 2013 году с дальнейшим изучением хозяйственными ценных и морфологических признаков в последующих этапах селекционного процесса. В качестве стандарта использовался сорт Рябчик.

Опытный материал выращивался в конкурсном сортоиспытании на делянках 15,0 м² в 4-кратной повторности при норме высева 1,3 млн. шт./га всхожих семян. Технология выращивания культуры – общепринятая.

Исследования проведены на опытном поле Нижегородского НИИСХ, расположенном в Кстовском районе Нижнего Новгорода в лесостепной зоне. Метеорологические условия в годы проведения исследований различались достаточной вариабельностью по влагообеспеченности (сумме выпавших за вегетацию осадков) и температурному режиму. Наименее благоприятные условия для вегетации гороха сложились в 2021 году, когда

развитие растений в периоды «посев – всходы» и «цветение – созревание» сдерживалось почвенной и воздушной засухами (ГТК по Г.Т. Селянинову в эти периоды составил 0,7 и 0,4 соответственно). Погодные условия вегетационного периода 2022 года в целом были благоприятные для роста и развития гороха: гидротермический коэффициент за период вегетации культуры составил 1,5 (при среднем многолетнем значении – 1,2). При этом следует отметить, что ГТК за июнь составил 0,8, что ниже средних многолетних значений (1,5). В 2023 году средняя величина ГТК за период вегетации гороха составила 1,3, однако погодные условия вегетации в весенне-летний период были крайне неравномерными: май и июнь – засушливые (ГТК составил 0,6 и 0,8 соответственно) июль – с обильными осадками (ГТК – 1,9).

Почвенный покров опытного участка представлен светло-серой лесной почвой. Содержание гумуса в пахотном слое почвы низкое и составляет 1,4%, подвижного фосфора и обменного калия – высокое и составляет соответственно 210 и 177 мг/кг почвы. Почва обладает слабокислой реакцией почвенной среды (рН – 5,38).

Фенологические наблюдения, глазомерные оценки общего состояния, посев, гибридизация, уборка, учеты, устойчивость к полеганию проводились по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971). Математическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова [5] с использованием встроенного пакета математического анализа электронных таблиц «MicrosoftOfficeExcel».

Результаты и их обсуждение

Окский – новый сорт гороха полевого зерно-укосного направления. Разновидность сорта *tenax*, *tenaci* – *fuscum*. Сорт имеет следующие морфологические особенности: стебель простой, средней длины. Число узлов до первого фертильного узла включительно большое. Размер листочеков средний – большой со слабой зубчатостью. Прилистники хорошо развиты. Тип антоциановой окраски пазух – простое кольцо. Число цветков на узел два. Крылья цветка красновато-пурпурные. Бобы прямые с тупой верхушкой. Семена угловато-округлые со вдавлинами на поверхности, коричневые со слабой фиолетовой крапчатостью. Семядоли желтые. Рубчик закрыт остатком семяночки (рис. 1).



Рис. 1. Бобы, семена и растение сорта гороха полевого Окский

Одним из главных показателей хозяйственной ценности сорта является урожайность. Максимально возможный урожай формируют сорта, обладающие высокой степенью адаптации к условиям, складывающимся в период роста и развития растений. Установлено, что за годы исследований с различной флюктуацией погодно-климатических условий сорт Окский формировал стабильный урожай семян и зеленой массы (табл. 1). В конкурсных сортоиспытаниях средняя урожайность семян и зеленой массы нового сорта гороха Окский была на 0,23 и 4,8 т/га выше, чем у стандарта.

Урожайность сорта гороха полевого Окский

Сорта	Показатель, года									
	Семена, т/га					Зеленая масса, т/га				
	2021	2022	2023	Среднее	± к st	2021	2022	2023	Среднее	± к st
Рябчик- st	1,01	1,20	1,12	1,11	-	15,0	18,8	29,1	21,0	-
Окский	1,10	1,22	1,70	1,34	+0,23	18,1	19,8	39,6	25,8	+4,8
НСР ₀₅	0,31	0,35	0,58	-	-	2,64	3,82	10,72	-	-

Следует отметить, что новый сорт характеризуется высоким потенциалом продуктивности. Так, по данным Госсортокомиссии средняя урожайность сухого вещества при испытании по региону в Кировской области составила 7,13 т/га, что на 1,19 выше стандарта Рябчик. Средняя урожайность семян по Нижегородской области – 3,06 т/га, в Чувашской Республике – 2,86 т/га, на 2,60 т/га выше стандартов Светоч и Шрек. Максимальная урожайность семян – 3,63 т/га получена в 2023 году в Нижегородской области; сухого вещества – 10,42 т/га – в 2022 г. в Пермском крае.

Одним из основных элементов в формировании урожая гороха является масса 1000 семян, чем она выше, тем выше урожайность. По результатам исследований установлено, что новый сорт гороха Окский превышает стандартный сорт Рябчик по данному показателю на 13 г (табл. 2). Средний показатель натуры зерна у сорта Окский в годы исследований был на уровне стандарта.

Таблица 2

Хозяйственно ценные признаки сорта гороха Окский

Признак	Наименование сорта, года							
	Рябчик - st				Окский			
	2021	2022	2023	Среднее	2021	2022	2023	Среднее
Масса 1000 семян, г	140	177	180	166	170	186	180	179
Натура зерна, г/л	768	788	748	768	750	776	754	760
Устойчивость к полеганию, балл	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5
Вегетационный период, сут.	55	59	68	61	67	63	70	66

Сорт Окский относится к среднеспелому типу. Вегетационный период составляет 65-70 дней. Одно из главных достоинств сорта Окский – устойчивость к полеганию, что позволяет проводить уборку напрямую. В то же время неосыпающиеся семена позволяют существенно сократить потери при уборке.

Наряду с высокой урожайностью, новый сорт гороха полевого Окский характеризуется высоким содержанием белка в зерне и сырого протеина в зеленой массе (табл. 3). В среднем за годы исследований содержание белка в семенах составило 25,4% (+0,3% к стандарту), сырого протеина в зеленой массе – 19,4% (+0,9% к стандарту).

Таблица 3

Содержание белка в зерне, сырого протеина в зеленой массе сорта гороха Окский

Сорта	Содержание, % (в абсолютно сухом веществе)									
	Белок (семена)					Сырой протеин (зеленая масса)				
	2021	2022	2023	Среднее	± к st	2021	2022	2023	Среднее	± к st
Рябчик - st	25,4	25,5	24,6	25,1	-	21,2	16,5	17,8	18,5	-
Окский	28,4	23,0	24,8	25,4	+0,3	20,3	18,3	19,5	19,4	+0,9

Одной из главных причин, обуславливающих снижение продуктивности гороха, является поражение посевов вредными организмами. В годы, благоприятные для развития

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (56) 2025 г. болезней и вредителей, потери урожая могут составлять до 30-50%, а иногда посевы гибнут полностью [6]. Горох поражается различными вредными видами насекомых, среди которых наиболее опасны и распространены клубеньковые долгоносики и гороховая плодожорка. Горох подвержен многим опасным и вредоносным болезням, в том числе аскохитозу, под воздействием которого снижается продуктивность растений, ухудшаются посевные и кормовые качества гороха. В этой связи, создание и внедрение в производство устойчивых сортов является одним из универсальных методов защиты растений от вредителей и болезней. Новый сорт гороха Окский обладает высокой полевой устойчивостью к клубеньковому долгоносику и средней устойчивостью к гороховой плодожорке (табл. 4).

Таблица 4

Устойчивость гороха сорта Окский к аскохитозу и повреждению вредителями-клубеньковому долгоносику, гороховой плодожорке

Повреждения	Наименование сорта, года									
	Рябчик - st					Окский				
	2021	2022	2023	Среднее	Иммунологическая характеристика	2021	2022	2023	Среднее	Иммунологическая характеристика
Болезнь аскохитоз										
Листья, %	53,3	23,6	53,5	43,5	Средне-восприимчивый	31,7	13,4	30,0	25,0	Устойчивый
Бобы, %	7,7	25,9	45,9	26,5	Средне-восприимчивый	6,3	22,9	35,1	21,4	Устойчивый
Семена, %	0	0	0	0	Иммунный	0	0	0	0	Иммунный
Вредители										
Клубеньковый долгоносик, сред.взвеш. балл	0,87	0,39	1,15	0,80	Высоко-устойчивый	0,48	0,27	1,04	0,60	Высоко-устойчивый
Гороховая плодожорка, %	9,4	5,8	13,9	9,7	Средне-устойчивый	6,5	5,6	10,4	7,5	Средне-устойчивый

В полевых условиях сорт Окский толерантен к основным болезням. Максимальное поражение растений было отмечено в 2023 году и достигало 30,0% на листьях и 35,1% на бобах. Иммунитет к болезням у стандарта сорта Рябчик значительно ниже в сравнении с новым сортом, в среднем за годы исследований поражение листьев достигает 40% и более, бобов – до 27%.

Заключение

В результате многолетней селекционной работы в Нижегородском НИИСХ совместно с Фаленской селекционной станцией создан новый высоко адаптивный сорт гороха полевого Окский со стабильно высокой продуктивностью и качеством зерна. Сорт листочковый, среднеспелый, обладает признаком неосыпаемости семян, достаточно устойчив к полеганию, что позволяет проводить его уборку механизированно. По урожайности семян превосходит стандартный сорт Рябчик на 0,23, а зеленой массы на 4,8 т/га. Сорт Окский формирует зерно высокого качества, содержание белка в семенах составляет 25,4%, сырого протеина в зеленой массе – 19,4%, а также характеризуется высокой полевой устойчивостью к основным вредителям и болезням.

После испытания на сортоучастках региона сорт Окский зарегистрирован в Государственном реестре охраняемых достижений (патент № 13594 от 27.04.2024 года), рекомендован для возделывания в Волго-Вятском регионе.

Литература

1. Зотиков В.И., Вилюнов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – № 25 (4) – С. 381-387. DOI: 10.18699NJ21.041.
2. Филатова И.А., Нужная Н.А. Перспективный сорт гороха посевного Докучаевский. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 4 (48). – С. 162-166. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-162-166.
3. Кондыков И.В., Зотиков В.И., Костикова Н.О., Амелин А.В., Кондыкова Н.Н. Качество зерна гороха полевого (пельюшка) в аспекте потребительской диверсификации культуры. // Аграрный вестник Юго-Востока. –2010. – № 2(5). – С.16-19.
4. Дебель Г.А. Селекция и семеноводство зерновых бобовых культур в НИИСХ ЦРНЗ (1931-2006 гг.). // Сборник научных материалов. Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях.: Орел: ПФ «Картуш», – 2008. – С. 300-309.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: – Агропромиздат. – 2011. – 251 с.
6. Пономарева С.В. Рекомендации по возделыванию гороха в Нижегородской области. – Н. Новгород. – 2013. – 40 с.

References

1. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Modern breeding of grain legumes and cereal crops in Russia. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2021, no.25 (4), pp. 381-387. DOI: 10.18699NJ21.041.
2. Filatova I.A., Nuzhnaya N.A. A promising variety of peas Dokuchaevskii. *Zernobobovye i krupyanymi kul'tury*, 2023, no. 4 (48), pp. 162-166. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-162-166.
3. Kondykov I.V., Zotikov V.I., Kostikova N.O., Amelin A.V., Kondyкова N.N. Grain Quality of Austrian Winter Pea (*Pisum Arvense*) in Consumer Diversification Aspect. *Agrarnyi vestnik Yugo-Vostoka*, 2010, no. 2(5), pp.16-19.
4. Debelyi G.A. Breeding and seed production of grain legumes at the Research Institute of Agriculture TsRNZ (1931–2006). Collection of scientific materials. Improving the sustainability of agricultural crop production in modern conditions: Orel: PF «KartuSH», 2008, 612 p.
5. Dospekhov B.A. Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, Agropromizdat Publ., 2011, 251 p.
6. Ponomareva S.V. Recommendations for growing peas in the Nizhny Novgorod region. N. Novgorod, 2013, 40 p.