

**ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 4 (52), 2024 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**  
**Возьян Валерий Иванович, д. с.-х. наук, Молдова**  
**Головина Екатерина Владиславовна, д. с.-х. наук**  
**Задорин Александр Михайлович, к. с.-х. наук**  
**Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН**  
**Панарина Вероника Игоревна, к. с.-х. наук**  
**Привалов Фёдор Иванович, д.с.-х.н., член-корр. НАН Беларуси**  
**Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН**  
**Серекпаев Нурлан Амангельдинович, д. с.-х. наук, Казахстан**  
**Суворова Галина Николаевна, к. с.-х. наук**  
**Ушачев Иван Григорьевич, академик РАН**  
**Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай**  
**Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук**  
**Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН**

Научный редактор, корректор

**Грядунова Н.В.**

Технический редактор

**Хмызова Н.Г.**

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

Фотоматериал **Черненко 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,  
типографии:  
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](mailto:office@vniizbk.ru),  
[jurnalzbk@mail.ru](mailto:jurnalzbk@mail.ru)  
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 20.12.2024 г.  
Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.  
Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»  
Цена свободная.

**ZERNOBOBOVYE I KRUPĀNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 4 (52), 2024**

Scientific journal founded in 2012 year.

Frequency of publication 4 issues per year.

ISBN 9 785905 402036

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

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

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

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

**EDITORIAL TEAM**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**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*

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

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

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

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

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

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

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**

**ИИ №ФЦ77-77939**

**dated 19.02 2020**

**The journal is included by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the List of peer-reviewed scientific publications of category K2, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences should be published**

Full texts of articles in pdf format are available at:

<https://journal.vniizbk.ru>

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

<http://eLIBRARY.RU>

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

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

Date of publication: 20.12.2024

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Бобков С.В., Онучина У.И.</b> Характеристика белкового комплекса семян абиссинского гороха .....                                                                                                                                                                                            | 5   |
| <b>Соболева Г.В., Задорин А.М., Соболев А.Н.</b> Относительная засухоустойчивость перспективных селекционных линий гороха .....                                                                                                                                                                | 13  |
| <b>Филатова И.А., Нужная Н.А.</b> Реакция перспективных сортообразцов гороха селекции Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева на норму высева .....                                                                                                                                               | 20  |
| <b>Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Гусева А.Н., Латынцева Е.В., Асадбеков А.К.</b> Влияние совместного применения препарата Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР на урожайность гороха Спартак при внекорневой обработке растений .....                                           | 29  |
| <b>Акулов А.С.</b> Влияние различных форм и способов применения удобрений и средств защиты растений в реализации генетического потенциала новых сортов гороха .....                                                                                                                            | 35  |
| <b>Суворова Г.Н., Зотиков В.И.</b> Гречиха татарская <i>Fagopyrum tataricum</i> – ценная культура для функционального питания .....                                                                                                                                                            | 39  |
| <b>Фесенко Н.Н.</b> Полимерные гены, регулирующие изменчивость длины пестика длинностолбчатой формы <i>Fagopyrum Esculentum</i> Moench. ....                                                                                                                                                   | 46  |
| <b>Бударина Г.А.</b> Оптимизация защиты сои от семенной и почвенной инфекций в условиях юга Нечерноземья .....                                                                                                                                                                                 | 51  |
| <b>Мартьянов М.А.</b> Особенности группировки селекционного материала сои по данным структурного анализа и качества семян методом кластеризации .....                                                                                                                                          | 59  |
| <b>Резвякова С.В., Бобкова Ю.А., Зоров А.А., Здрабова Е.М., Смит И.Н.</b> Агрэкологическая оценка новых сортов сои отечественной селекции в Центрально-Черноземной зоне РФ .....                                                                                                               | 67  |
| <b>Леухина О.В.</b> Эффективность применения комплексного микроудобрения Оракул мультикомплекс при выращивании сои в условиях ЦЧР РФ .....                                                                                                                                                     | 76  |
| <b>Леухина Т.В.</b> Влияние инокуляции и некорневых подкормок комплексным микроудобрением на эффективность симбиотической деятельности и продуктивность сортов сои .....                                                                                                                       | 87  |
| <b>Сурков А.Ю., Суркова И.В.</b> Морфофизиологические особенности формирования продуктивности сортов проса .....                                                                                                                                                                               | 96  |
| <b>Лопатина С.В., Лукьянцев С.В.</b> Оценка роли кормового субстрата на развитие фасоловой зерновки <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say), (coleoptera: chrysomelidae: bruchinae) .....                                                                                                        | 104 |
| <b>Сорокина С. Ю., Бударина Г.А.</b> Эффективность предпосевной обработки семян в снижении болезней и формировании урожая фасоли обыкновенной .....                                                                                                                                            | 110 |
| <b>Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Мамедов Р.З., Павлова О.В., Гармаш Н.Ю., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Савинов Е.В., Крахмалёва М.С.</b> Ростовые процессы, динамика их изменений и адаптивность сортов и линий озимой пшеницы на различных стадиях роста растений .....                     | 118 |
| <b>Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г.</b> Урожайность зерна селекционных линий яровой твердой пшеницы, созданных в селекционных центрах России в условиях Самарского НИИСХ .....                                                                                                                   | 128 |
| <b>Юшкевич Л.В., Ющенко Д.Н., Щитов А.Г., Пахотина И.В., Бутко А.С.</b> Продуктивность пшеницы мягкой яровой после горохового предшественника в лесостепи Западной Сибири .....                                                                                                                | 139 |
| <b>Степанова Н.А.</b> Сравнительная оценка селекционного материала пшеницы мягкой яровой с окрашенным колосом .....                                                                                                                                                                            | 148 |
| <b>Шапорова М.А., Старикова Ж.В., Сидоренко В.С., Мальцев А.А.</b> Перспективные сорта и селекционные линии пшеницы мягкой озимой для Центральной России .....                                                                                                                                 | 156 |
| <b>Кулеватова Т.Б., Бекетова Г.А., Злобина Л.Н., Ермакова Е.М.</b> Оценка качества зерна сортов яровой мягкой пшеницы методом седиментации .....                                                                                                                                               | 163 |
| <b>Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П.</b> Эффективность различных технологий возделывания озимой пшеницы в зернопаровом севообороте .....                                                                                                                                                           | 171 |
| <b>Горбачев К.И., Шпилев Н.С., Лебедько Л.В., Зайцева О.А.</b> Совершенствование схемы первичного семеноводства озимой тритикале .....                                                                                                                                                         | 178 |
| <b>Гуськова А.Н., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Наумкин Д.В.</b> Результаты изучения новых сортов и линий голозёрного и плёнчатого ярового ячменя по показателям структурного анализа и качеству зерна .....                                                                                 | 184 |
| <b>Левакова О.В., Сокол В.Ю.</b> Сравнительная характеристика урожайности и элементов продуктивности новых сортов ячменя ярового в условиях Рязанской области .....                                                                                                                            | 189 |
| <b>Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О., Тулинова Е.А., Кирдин В.Ф., Морозова Г.Б., Смолина Т.В.</b> Оптимизация системы удобрения и норм высева люпина в смеси с разными формами овса при выращивании на зерно в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья ..... | 197 |
| <b>Лукашевич М.И., Селиванова М.Е., Анишко М.Ю., Свириденко Т.В.</b> Использование искусственных инфекционных фонов в селекции люпина белого .....                                                                                                                                             | 205 |
| <b>Крюков А.Н., Кизилов А.Н., Артемова О.Ю., Хлопяников А.М.</b> Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на свойства почвы и урожайность кукурузы на зерно в условиях Центрально-Черноземного региона России .....                                                               | 215 |
| <b>Хмызова Н.Г., Грядунова Н.В.</b> Информационная поддержка реализации научных исследований Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур .....                                                                                                                                | 222 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Bobkov S.V., Onuchina U.I.</b> Characteristics of protein complex of Abyssinian pea seeds .....                                                                                                                                                                                                                          | 5   |
| <b>Soboleva G.V., Zadorin A.M., Sobolev A.N.</b> Relative drought tolerance of promising pea breeding lines ..                                                                                                                                                                                                              | 13  |
| <b>Filatova I.A., Nuzhnaya N.A.</b> Reaction of promising varieties of peas breeding of the V.V. Dokuchaev Voronezh Federal Agrarian Scientific Center for the seeding rate .....                                                                                                                                           | 20  |
| <b>Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Guseva A.N., Latyntseva E.V., Asadbekov A.K.</b> The effect of the combined use of the preparation Flor Humate universal and the fungicide Titul Duo, KKR on the yield of Spartak peas during foliar treatment of plants .....                                                             | 29  |
| <b>Akulov A.S.</b> Influence of different forms and methods of application of fertilizers and plant protection means in realization of genetic potential of new pea varieties .....                                                                                                                                         | 35  |
| <b>Suvorova G.N., Zotikov V.I.</b> Tartary buckwheat <i>Fagopyrum tataricum</i> is a valuable crop for healthy food .....                                                                                                                                                                                                   | 39  |
| <b>Fesenko N.N.</b> Polimeric genes regulating style length variability within pin morph of common buckwheat <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench. ....                                                                                                                                                                       | 46  |
| <b>Budarina G.A.</b> Optimization of soybean protection against seed and soil infections in the south of the Non-Black Earth Region .....                                                                                                                                                                                   | 51  |
| <b>Martynov M.A.</b> Peculiarities of grouping soybean breeding material according to the data of structural analysis and seed quality by clustering method .....                                                                                                                                                           | 59  |
| <b>Rezyakova S.V., Bobkova Y.A., Zorov A.A., Zdrabova E.M., Smit I.N.</b> Agroecological evaluation of new soybean varieties of domestic breeding in the Central Black Earth Zone of Russia .....                                                                                                                           | 67  |
| <b>Leukhina O.V.</b> Efficiency of application of complex microfertiliser Oracle Multicomplex in soybean cultivation in conditions of the Central Black Earth Region of the Russian Federation .....                                                                                                                        | 76  |
| <b>Leukhina T.V.</b> The effect of inoculation and foliar fertilization with complex micronutrients on the effectiveness of symbiotic activity and productivity of soybean varieties .....                                                                                                                                  | 87  |
| <b>Surkov A.Ju., Surkova I.V.</b> Morphophysiological features of the formation productivity of millet varieties .....                                                                                                                                                                                                      | 96  |
| <b>Lopatina S.V., Lukyantsev S.V.</b> Assessment of the role of feed substrate on the development of the bean weevil <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say) (coleoptera: chrysomelidae: bruchinae) .....                                                                                                                     | 104 |
| <b>Sorokina S. Yu., Budarina G.A.</b> Effectiveness of pre-sowing seed treatment in reducing diseases and forming the yield of common beans .....                                                                                                                                                                           | 110 |
| <b>Sandukhadze B.I., Marchenkova L.A., Mamedov R.Z., Pavlova O.V., Garmash N.Y., Chavdar R.S., Orlova T.G., Savinov E.V., Krakhmal'yova M.S.</b> Growth processes, dynamics of their changes and adaptability of winter wheat varieties and lines at various stages of plant growth .....                                   | 118 |
| <b>Malchikov P.N., Myasnikova M.G.</b> Grain yield of spring durum wheat lines created in the breeding centers of Russia, in the conditions of the Samara Research Institute of Agricultural Breeding .....                                                                                                                 | 128 |
| <b>Yushkevich L.V., Yushchenko D.N., Shchitov A.G., Pakhotina I.V., Butko A.S.</b> Productivity of spring soft wheat after pea forecrop in the forest-steppe of Western Siberia .....                                                                                                                                       | 139 |
| <b>Stepanova N.A.</b> Comparative assessment of breeding material of spring soft wheat with coloured spikelet .....                                                                                                                                                                                                         | 148 |
| <b>Shaporova M.A., Starikova Zh.V., Sidorenko V.S., Mal'tsev A.A.</b> Promising varieties and breeding lines of winter soft wheat for Central Russia .....                                                                                                                                                                  | 156 |
| <b>Kulevatova T.B., Beketova G.A., Zlobina L.N., Ermakova E.M.</b> Evaluation of grain quality of breeding material of spring soft wheat by sedimentation .....                                                                                                                                                             | 163 |
| <b>Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P.</b> Efficiency of different technologies of winter wheat cultivation in grain-fallow crop rotation .....                                                                                                                                                                                | 171 |
| <b>Gorbachev K.I., Shpilev N.S., Lebedko L.V., Zaitseva O.A.</b> Improving the scheme of primary seed production of winter triticale .....                                                                                                                                                                                  | 178 |
| <b>Guskova A.N., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Naumkin D.V.</b> Results of the study of new varieties and lines of bare-grain and filmy spring barley in terms of structural analysis and grain quality indicators .....                                                                                                 | 184 |
| <b>Levakova O.V., Sokol V.Yu.</b> Comparative characteristics of yield and elements of productivity of new varieties of spring barley in the conditions of the Ryazan region .....                                                                                                                                          | 189 |
| <b>Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O., Tulinova E.A., Kirdin V.F., Morozova G.B., Smolina T.V.</b> Optimization of the fertilizer system and seeding rates of lupin mixed with different forms of oats when grown for grain in the changing climate of the central Non-Chernozem region ..... | 197 |
| <b>Lukashkevitch M.I., Selivanova M.E., Anishko M.Yu., Sviridenko T.V.</b> The use of artificial inflectional backgrounds for white lupin breeding .....                                                                                                                                                                    | 205 |
| <b>Kryukov A.N., Kizilov A.N., Artemova O.Yu., Khlopyanikov A.M.</b> The influence of primary tillage methods and fertilizers on soil properties and grain corn yield in the conditions of the Central Black Earth Region of Russia .....                                                                                   | 215 |
| <b>Khmyzova N.G., Gryadunova N.V.</b> Information support for the implementation of scientific research at the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops .....                                                                                                                                                   | 222 |

## ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА СЕМЯН АБИССИНСКОГО ГОРОХА

**С.В. БОБКОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук,

E-mail: svbobkov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-8146-0791>

**У.И. ОНУЧИНА**, E-mail: uliania21@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0001-3829-4513>

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** Изучено содержание белка и проведен электрофоретический анализ белков семян у образцов абиссинского гороха к-2759, к-9932 и сортов посевного гороха Гамбит и Ягуар. Образцы абиссинского гороха характеризовались высоким содержанием белка, наличием оригинальных изоформ легумина и высокой долей в белковом комплексе непроцессированного вицилина.

**Ключевые слова:** горох посевной, горох абиссинский, белок, запасной белок, конвицилин, вицилин, легумин.

**Для цитирования:** Бобков С.В., Онучина У.И. Характеристика белкового комплекса семян абиссинского гороха. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):5-12. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-5-12

## CHARACTERISTICS OF PROTEIN COMPLEX OF ABYSSINIAN PEA SEEDS

**S.V. Bobkov, U.I. Onuchina**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** Protein content and electrophoretic analysis of seed proteins of Abyssinian pea samples k-2759, k-9932 and field pea varieties Gambit and Jaguar were studied. Abyssinian pea samples were characterized by high protein content, the presence of original legumin isoforms and a high proportion of non-processed vicilin in the protein complex.

**Keywords:** field pea, Abyssinian pea, protein, spare protein, convicilin, vicilin, lehumin.

### Введение

Успешная селекционная работа строится на использовании генетического разнообразия исходного материала. При этом, чем дальше эволюционное расстояние между посевным горохом и представителями других таксонов, тем выше полиморфизм вариантов генов, необходимый для успешного отбора растений с высокой семенной продуктивностью.

Представители различных таксонов рода гороха *Pisum* L. можно рассматривать в качестве потенциальных источников генов хозяйственно ценных признаков, ранее не вовлеченных в селекционный процесс. Гибридизация между представителями различных таксонов является мощным инструментом комбинирования генетического материала для успешного отбора. Молекулярные исследования выявили следы гибридизации между представителями различных таксонов (Weeden, 2018). Гибриды, полученные в результате отдаленных скрещиваний, могут обладать достаточным полиморфизмом вариантов генов для эффективного отбора на устойчивость к экстремальным условиям среды и патогенам, в конечном счете - на высокую семенную продуктивность.

Из литературных источников известно, что дикий вид красно-желтого гороха (*Pisum fulvum* Sibth. et Smith.) является источником генов устойчивости к абиотическим стрессорам, аскохитозу, мучнистой росе, ржавчине, заразихе и гороховой зерновке, а также источником аллелей нетрадиционных изоформ запасных белков [1, 2, 3]. Внутривидовые таксоны гороха

(*Pisum sativum* L.): ssp. *elatius*, *asiaticum*, *syriacum*, *transcaucasicum* и *abyssinicum* (классификация Макашевой Р.Х., 1979) менее изучены, но также являются ценным источником генетических вариантов, влияющих на агрономические признаки [4, 5].

Абиссинский горох является обособленным таксоном неопределенного происхождения и не имеет диких форм [6, 7, 8]. По классификации Р.Х. Макашевой (1979) абиссинский горох является подвидом (*abyssinicum*) вида гороха *Pisum sativum* L. Она не указывала разновидностей, но по окраске оболочки семян выделила три подразновидности: subvar. *abyssinicum* (фиолетово-красчатая окраска семян), subvar. *vavilovianum* (темнофиолетовая) и subvar. *viridulogriseum* (зеленовато-сероватая) (цит. по [5]). По общему габитусу абиссинский горох напоминает горох посевной, а отличается от гороха посевного зубчатыми листочками и глянцевой семенной оболочкой. Абиссинский горох культивируют в Йемене и Эфиопии вместе с горохом посевным (*Pisum sativum* L. ssp. *sativum*).

Абиссинский горох в сравнении с красно-желтым горохом исследован с меньшей интенсивностью. Однако он может представлять практический интерес для селекционеров благодаря своей скороспелости и устойчивости к бактериальной гнили, вызываемой *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* (без специфичности к расе паразита) [6], а также в качестве компонента скрещиваний для увеличения генетического разнообразия гороха посевного, необходимого для увеличения эффективности отбора отдаленных гибридов на высокую семенную продуктивность. Исследование различий в белковом комплексе позволит определить направления использования абиссинского гороха в селекционном процессе.

**Цель исследования** – изучение содержания белка в семядолях абиссинского гороха, электрофоретического изучения компонентного состава запасных белков для поиска и использования в селекции на качество нетрадиционных изоформ запасных белков.

#### **Материал и методика исследования**

Для электрофоретического анализа белков использовали семена образцов абиссинского гороха (*Pisum sativum* L. ssp. *abyssinicum*) к-2759 (рис. 1) и к-9932 коллекции ВИР, а также сорта гороха посевного (*P. sativum* L. ssp. *sativum*) Гамбит и Ягуар.



Рис. 1. А – взрослое растение (слева) образца к-2759 абиссинского гороха (*Pisum sativum* L. ssp. *abyssinicum*) коллекции ВИР в сравнении с растением посевного гороха сорта Саламанка, Б – семена образца к-2759

Для получения муки семена сои, абиссинского и посевного гороха разрушали с помощью молотка, отделяли и удаляли семенные оболочки. Фрагменты семядолей растирали в муку с помощью фарфоровых ступки и пестика.

Содержание белка определяли в муке, полученной из изолированных семядолей, по методу Кьельдаля с использованием дигестора DK 8 и аппарата UDK 152 производства Velp Scientifica (Италия). Коэффициент перевода общего азота в белок равнялся 6,25.

Белки для электрофоретического анализа экстрагировали из муки изолированных семядолей индивидуальных семян абиссинского и посевного гороха и сои сорта Ланцетная. Для установления различий между абиссинским и посевным горохом по компонентному составу белковых спектров дополнительно проводили экстракцию белков в смесях муки образцов (к-9932+к-2759) и сортов (Ягуар+Гамбит).

Для экстракции брали 2,7 мг муки индивидуальных семян и помещали в ячейки микро-титр планшетки. Экстракцию запасных белков проводили с использованием ТРИС-глицинового буфера (ТРИС, лицин, додецилсульфат натрия, pH=8,8) в течении 20 часов при температуре 4°C.

Десять микролитров экстракта смешивали с равным объемом буфера нанесения (ТРИС-НСI, глицерин, додецилсульфат натрия,  $\beta$ -меркаптоэтанол, бромфеноловый синий). Затем 10 микролитров полученной смеси помещали в заполненные буфером ячейки 5% концентрирующего геля в камере для вертикального электрофореза VE-4 (Хеликон, Россия). Разделение белков происходило в 12% геле.

Локализацию запасных белков конвицилина, непроцессированного вицилина и  $\alpha$ -субъединицы легумина на электрофоретических пластинах определяли с использованием набора маркеров с молекулярной массой 6,5-200 кДа (Sigma-Aldrich, США). Содержание указанных белков в компонентах электрофоретических спектров определяли денситометрическим методом. Нормализацию содержания  $\alpha$ -субъединицы белка легумина проводили на общее содержание белка в электрофоретическом спектре. Статистическую обработку данных проводили с использованием описательных статистик и однофакторного дисперсионного анализа. Коррекцию статистической значимости на множественные сравнения средних проводили с использованием HSD Тьюки.

#### **Результаты исследований**

Высокое содержание белка является важной характеристикой для использования в селекции на высокое качество зерна. Накопление белка, преимущественно, происходит в семядолях семян гороха. Признаки «толщина семенных оболочек» и «содержание белка в семядолях» контролируются различными генами. Поэтому информацию о содержании белка в семядолях гороха можно рассматривать как более ценную в сравнении с его содержанием в целом семени. Учитывая, что абиссинский горох, как и горох посевной характеризуется тонкими семенными оболочками [5, 8], полученные данные о различиях в содержании белка в семядолях можно экстраполировать на привычное содержание белка в целых семенах.

Дисперсионный анализ выявил существенные различия по содержанию белка в изолированных семядолях образцов абиссинского и сортов посевного гороха с выраженным размером эффекта ( $F(3,41)=14,633$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta^2=0,517$ ). В таблице 1 приведены данные о высоком в сравнении с сортами содержании белка в семядолях абиссинского гороха.

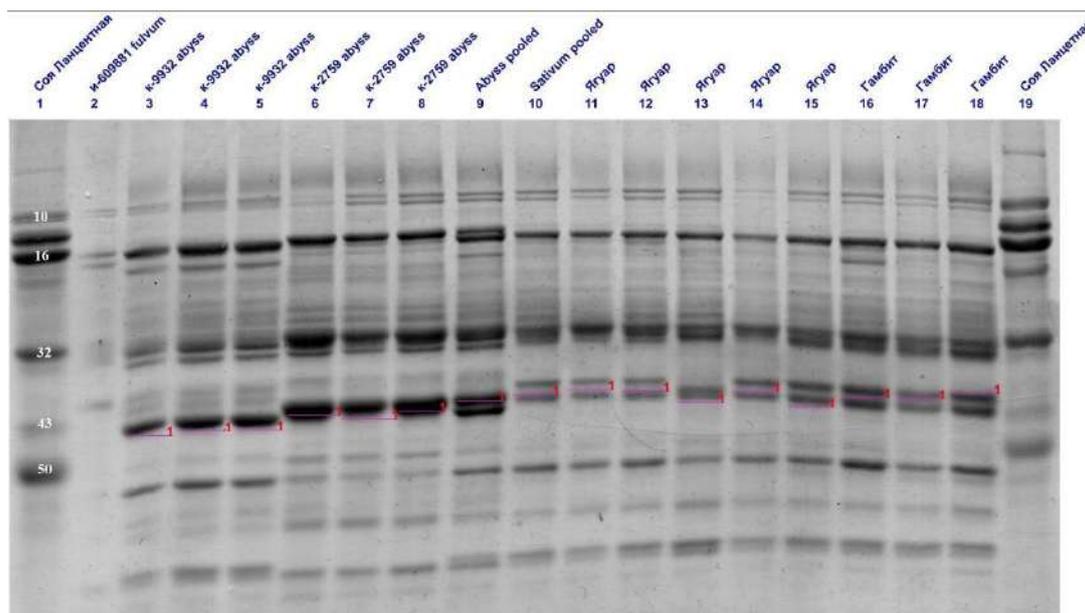
По содержанию белка в семядолях образец к-9932 существенно ( $p<0,001$ ) превышал сорт Ягуар на 6,5%, а сорт Гамбит - на 5,8%. Образец к-2759 по содержанию белка статистически значимо превышал сорта Ягуар ( $p=0,003$ ) и Гамбит ( $p=0,019$ ) на 4,2% и 3,5% соответственно.

Проводили анализ компонентного состава белков как индивидуальных семян (изолированных семядолей) абиссинского и посевного гороха, так и смеси муки образцов абиссинского гороха (к-9932+к-2759) и сортов посевного гороха (Ягуар+Гамбит). Применение смеси муки позволяет провести более тонкие различия между абиссинским и посевным горохом, не обращая внимания на полиморфизм между отдельными образцами и сортами.

**Содержание белка в семенах образцов абиссинского и сортов посевного гороха, урожай семян 2023 г.**

| Образец, сорт                                    | Среднее содержание белка, %   | 95% доверительный интервал |                 |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------|
|                                                  |                               | нижняя граница             | верхняя граница |
| к-2759                                           | 30,5±0,8                      | 28,8                       | 32,1            |
| к-9932                                           | 32,8±0,8                      | 31,1                       | 34,4            |
| Ягуар                                            | 26,3±0,8                      | 24,8                       | 27,9            |
| Гамбит                                           | 27,0±0,8                      | 25,4                       | 28,6            |
| <i>Существенные различия по содержанию белка</i> |                               |                            |                 |
| Сравниваемые пары                                | Разница в содержании белка, % | p-value                    |                 |
| к-9932 минус Ягуар                               | +6,5                          | <0,001                     |                 |
| к-9932 минус Гамбит                              | +5,8                          | <0,001                     |                 |
| к-2759 минус Ягуар                               | +4,2                          | 0,003                      |                 |
| к-9932 минус Гамбит                              | +3,5                          | 0,019                      |                 |

Электрофоретический анализ белков семян смеси муки абиссинского и посевного гороха выявил 39 позиций размещения компонентов, среди них 13 (33,3%) были полиморфными, 7 (17,9%) по наличию-отсутствию и 6 (15,4%) по интенсивности окрашивания (рис. 2).



*Рис. 2. Электрофоретические спектры белков семян абиссинского и посевного гороха. На первой дорожке приведена нумерация реперных компонентов спектра сои (сорт Ланцетная). Цифрой 1 на электрофоретическом геле обозначены изоформы  $\alpha$ -субъединицы легумина*

В электрофоретическом спектре из смеси белков 2 образцов абиссинского гороха (спектр 9) в области 16 позиции по шкале соевого спектра (рис. 2) обнаружены 2 белковых компонента, нижний компонент образца к-9932, а верхний - образца к-2759. Наличие двух компонентов свидетельствовало о наличии полиморфизма по изоформам конвицилина у образцов абиссинского гороха. При этом, у сортов Ягуар и Гамбит полиморфизм по изоформам конвицилина не наблюдался.

В области 32 компонента соевой шкалы (рис. 2) у абиссинского и посевного гороха локализованы белковые компоненты непроцессированного вицилина. У абиссинского гороха компоненты конвицилина были более компактными и содержали больше белка в сравнении с компонентами посевного гороха.

В области 43 компонента по соевой шкале располагались компоненты  $\alpha$ -субъединицы легумина. В электрофоретических спектрах посевного гороха явно присутствовали 2 изоформы указанного белка, как у индивидуальных семян, так и в смешанном образце (рис. 2, спектр 10). Спектры  $\alpha$ -субъединицы легумина каждого из образцов абиссинского гороха состояли из одного компонента. Возможно, в компонентах присутствовало более 2 белков, но из-за высокой наполненности компонентов белком их нельзя было дифференцировать. Электрофоретический анализ индивидуальных семян показал, что в образцах абиссинского гороха к-9932 и к-2759 присутствовали различные изоформы  $\alpha$ -субъединицы легумина. Соответственно, в спектре смешанного образца (рис. 2, спектр 9) абиссинского гороха (к-9932+к-2759) присутствовали 2 компонента  $\alpha$ -субъединицы легумина, верхний образца к-2759 и нижний образца к-9932 (рис. 2). Присутствие в спектрах посевного гороха 2 изоформ  $\alpha$ -субъединицы легумина является индикатором экспрессии 2 различных генов, кодирующих запасной белок легумин. Следует обратить внимание, что в спектре номер 13 сорта Ягуар присутствовал только 1 компонент (изоформа)  $\alpha$ -субъединицы легумина.

Использование шкалы маркеров 94,7; 66, 55 и 45 кДа из стандартного набора Sigma-Aldrich позволило определить молекулярную массу компонентов (изоформ)  $\alpha$ -субъединицы легумина в спектрах из смешанных белков семян образцов к-9932, к-2759 (на рисунке 2 обозначен как Abyss pooled) и сортов Ягуар и Гамбит (Sativum pooled) (табл. 2).

Таблица 2

**Молекулярная масса изоформ  $\alpha$ -субъединицы легумина у абиссинского и посевного гороха, кДа**

| Компонент $\alpha$ -субъединицы легумина в спектре 9 | Номер дорожки электрофоретического спектра на рис. 1 |                   | Компонент $\alpha$ -субъединицы легумина в спектре 10 |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                      | 9 (к-9932+к-2759)                                    | 10 (Ягуар+Гамбит) |                                                       |
|                                                      |                                                      | 48,9              | 1                                                     |
| 1                                                    | 47,2                                                 | 46,7              | 2                                                     |
| 2                                                    | 45,6                                                 |                   |                                                       |

Результаты анализа показали, что в смешанном спектре абиссинского гороха присутствовали 2 изоформы указанного белка с молекулярными массами 47,2 и 45,6 кДа. Изоформа с молекулярной массой 47,2 кДа принадлежала образцу к-2759, а изоформа 45,6 кДа – образцу к-9932. В смешанном образце и, соответственно, в белках индивидуальных семян посевного гороха присутствовали 2 изоформы  $\alpha$ -субъединицы легумина с молекулярными массами 48,9 и 46,7 кДа. При этом одно из семян сорта Ягуар (рис. 2, спектр 13) содержало 1 изоформу  $\alpha$ -субъединицы легумина с молекулярной массой 46,7 кДа. Следует обратить внимание, что изоформа  $\alpha$ -субъединицы легумина образца к-2759 и нижняя изоформа сортов Ягуар и Гамбит имели близкую молекулярную массу 47,2 кДа и 46,7 кДа, что может указывать на гомологию локусов, кодирующих указанный белок.

Основными запасными белками гороха являются конвицилин, вицилин и легумин [9]. Конвицилин не подвергается посттрансляционному процессингу, вицилин может быть процессированным и непроцессированным, а молекула легумина разделяется на две субъединицы,  $\alpha$  и  $\beta$ . Для определения соотношения запасных белков в семенах гороха выбрали конвицилин, непроцессированный вицилин и  $\alpha$ -субъединицу легумина, находящихся в компонентах с наиболее интенсивными компонентами электрофоретических спектров (рис. 2). На рисунке 2 компоненты конвицилина гороха располагались напротив 16 компонентов

спектра сои, компоненты непроцессированного вицилиан в районе 32, а компоненты  $\alpha$ -субъединицы легумина – напротив 43 компонента сои.

Результаты анализа показали, что сорта посевного и образцы абиссинского гороха различались между собой по доле запасных наиболее многочисленных запасных белков: конвицилина, непроцессированного вицилина и  $\alpha$ -субъединицы легумина (рис. 3).

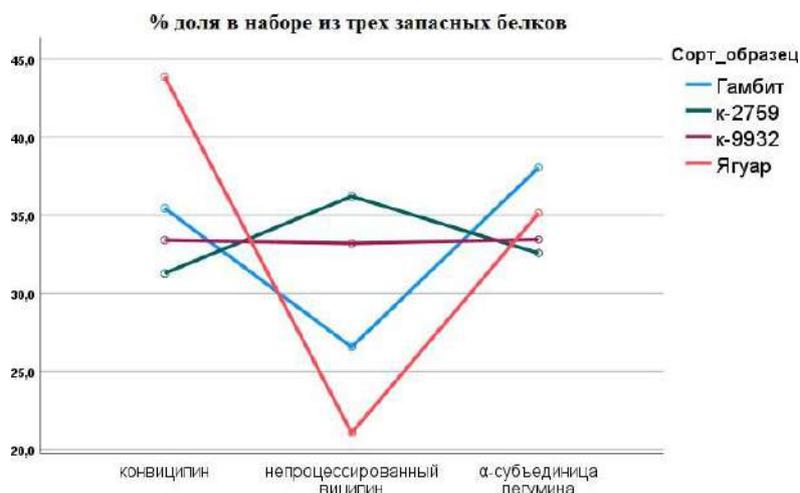


Рис. 3. Доля наиболее многочисленных запасных белков в семенах сортов посевного и образцов абиссинского гороха

Процентная доля конвицилина от суммарного содержания конвицилина, непроцессированного вицилина и  $\alpha$ -субъединицы легумина варьировала от 31,3% (к-2759) до 43,9% (Ягуар). Доля непроцессированного вицилина изменялась от 21,0 % (Ягуар) до 38,0% (Гамбит), а доля и  $\alpha$ -субъединицы легумина – от 32,6 (к-2759) до 38, 0% (Гамбит) (табл. 3).

Таблица 3

**Процентная доля белка в наборе из трех запасных белков: конвицилина, непроцессированного вицилина и  $\alpha$ -субъединицы легумина**

| Образец, сорт                                   | Доля белка, %           | 95% доверительный интервал |                 |
|-------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|
|                                                 |                         | нижняя граница             | верхняя граница |
| <i>Конвицилин</i>                               |                         |                            |                 |
| к-2759                                          | 31,3±3,7                | 23,740                     | 38,781          |
| к-9932                                          | 33,4±3,7                | 25,871                     | 40,911          |
| Ягуар                                           | 43,9±2,9                | 38,024                     | 49,675          |
| Гамбит                                          | 35,4±3,7                | 27,907                     | 42,948          |
| <i>Непроцессированный вицилин</i>               |                         |                            |                 |
| к-2759                                          | 36,2±3,7                | 28,668                     | 43,709          |
| к-9932                                          | 33,2±3,7                | 25,660                     | 40,701          |
| Ягуар                                           | 21,0±2,9                | 15,213                     | 26,864          |
| Гамбит                                          | 26,5±3,7                | 19,018                     | 34,059          |
| <i><math>\alpha</math>-субъединица легумина</i> |                         |                            |                 |
| к-2759                                          | 32,6±3,7                | 25,031                     | 40,072          |
| к-9932                                          | 33,4±3,7                | 25,908                     | 40,949          |
| Ягуар                                           | 35,1±2,9                | 29,286                     | 40,937          |
| Гамбит                                          | 38,0±3,7                | 30,513                     | 45,554          |
| <i>Существенные различия по доле белка</i>      |                         |                            |                 |
| Сравниваемые пары                               | Разница в доле белка, % | HSD Тьюки, p-value         |                 |
| <i>Непроцессированный вицилин</i>               |                         |                            |                 |
| к-2759 минус Ягуар                              | 15,2                    | 0,027                      |                 |
| к-9932 минус Ягуар                              | 12,2                    | 0,043                      |                 |
| к-9932 минус Гамбит                             | 6,7                     | 0,045                      |                 |

Дисперсионный анализ не выявил существенных различий по доле конвицилина в наборе из 3 основных белков ( $F(3,10)=3,49$ ;  $p=0,058$ ;  $\eta^2=0,511$ ). По процентной доле конвицилина сорт Ягуар значительно, но статистически не значимо превышал образцы к-2759, к-9932 и сорт Гамбит на 12,6%; 10,5% и 8,4% (HSD Тьюки,  $p=0,068$ ; 0,145 и 0,282 соответственно).

По доле непроцессированного вицилина дисперсионный анализ выявил существенные различия между сортами и образцами гороха ( $F(3,10)=9,5$ ;  $p=0,016$ ;  $\eta^2=0,704$ ). Доля непроцессированного вицилина у образца абиссинского гороха к-2759 существенно (на 15,1%) превышала долю указанного белка у сорта Ягуар, а образец к-9932 по доле непроцессированного вицилина существенно превышал сорта гороха посевного Ягуар и Гамбит на 12,1 и 6,6% соответственно (табл. 3).

Дисперсионный анализ не выявил существенных различий между сортами и образцами абиссинского гороха по процентной доле  $\alpha$ -субъединицы легумина ( $F(3,10)=0,276$ ;  $p=0,841$ ;  $\eta^2=0,0077$ ).

### Заключение

Изучено содержание белка и проведен электрофоретический анализ белков семян у образцов абиссинского гороха к-2759, к-9932 и сортов посевного гороха Гамбит и Ягуар. Образцы абиссинского гороха по содержанию белка в семядолях существенно превышали сорта на 3,5-6,5 %. Электрофоретический анализ выявил у абиссинского гороха к-9932 и к-2759 отличные от посевного гороха изоформы  $\alpha$ -субъединицы легумина. Образцы абиссинского гороха существенно не отличаются от посевного гороха по процентной доле легумина, но характеризуются существенно более высокой долей непроцессированного вицилина.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЗБК по разделу FGZZ-2022-0003 "Физиолого-биохимическое изучение генетических ресурсов зернобобовых и крупяных культур для использования в селекционном процессе".**

### Литература

1. Fondevilla S, Torres AM, Moreno MT, Rubiales D. Identification of a new gene for resistance to powder mildew in *Pisum fulvum* a wild relative of pea. *Breed sci.* 2007;57(2):181-184. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.57.181>
2. Barilli E, Satovic Z, Rubiales D, Torres A. Mapping of quantitative trait loci controlling partial resistance against rust incited by *Uromyces pisi* (Pers.) Wint. in a *Pisum fulvum* L. intraspecific cross. *Euphytica.* 2010. 175(2):151-159. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0141-z>
3. Бобков С.В., Бычков И.А., Селихова Т.Н., Семенова Е.В., Вишнякова М.А. Анализ интрогрессивных линий межвидовых гибридов гороха по компонентному составу белков семян // Экологическая генетика. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 79-88. <https://doi.org/10.17816/e>
4. Hollaway G.J., Bretag T.W., Price T.V. The epidemiology and management of bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) of field pea *Pisum sativum*) in Australia: a review. *Aust. J. Agric. Res.* 2007. 58:86-1099. <http://dx.doi.org/10.1071/AR06384>
5. Костерин О.Э. Горох абиссинский (*Lathyrus schaeferi* Kosterin nom. nov. pro *Pisum abyssinicum* A. Br.) – проблематичный таксон // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(2):158-169 DOI 10.18699/VJ17.234
6. Бобков С.В., Башкирова К.А. Содержание фотосинтетических пигментов в различных органах растений дикого и культурного гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 4 (40). – С. 15-23.
7. Weeden, N. F. (2018). Domestication of Pea (*Pisum sativum* L.): The Case of the Abyssinian Pea. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00515>

8. O’Kane, F.E., Happe, R.P., Vereijken, J. M., Gruppen, H., & Van Boekel M.A.J.S. (2004) Characterization of pea vicilin. 2. Consequences of compositional heterogeneity on heat-induced gelation behavior. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 3149-3154.

9. Tzitzikas E.N., Vincken J.P., Groot J., Gruppen H., & Visser R.G. (2006) Genetic variation in pea seed composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 425-433.

#### References

1. Fondevilla S, Torres AM, Moreno MT, Rubiales D. Identification of a new gene for resistance to powder mildew in *Pisum fulvum* a wild relative of pea. *Breed sci.* 2007;57(2):181-184. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.57.181>

2. Barilli E., Satovic Z., Rubiales D., Torres A. Mapping of quantitative trait loci controlling partial resistance against rust incited by *Uromyces pisi* (Pers.) Wint. in a *Pisum fulvum* L. intraspecific cross. *Euphytica*. 2010;175(2):151-159. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0141-z>

3. Bobkov S.V., Bychkov I.A., Selikhova T.N., Semenova E.V., Vishnyakova M.A. Analysis of introgressive lines of interspecific pea hybrids on the component composition of seed proteins. *Ekologicheskaya genetika*. 2020, Vol. 18, no 1, pp. 79-88. <https://doi.org/10.17816/e>

4. Hollaway G.J., Bretag T.W., Price T.V. The epidemiology and management of bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *psii*) of field pea *Pisum sativum* in Australia: a review. *Aust. J. Agric. Res.* 2007;58:86-1099. <http://dx.doi.org/10.1071/AR06384>

5. Kosterin O.E. Abyssinian pea (*Lathyrus schaeferi* Kosterin nom. nov. pro *Pisum abyssinicum* A. Br.) is a problematic taxon. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*. 2017;21(2):158-169 DOI 10.18699/VJ17.234 (In Russian)

6. Bobkov S.V., Bashkurova K.A. Photosynthetic pigment content in different organs of wild and cultivated pea plants. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, no. 4 (40), pp. 15-23. (In Russian)

7. Weeden N. F. (2018). Domestication of Pea (*Pisum sativum* L.): The Case of the Abyssinian Pea. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00515>

8. O’Kane F.E., Happe R.P., Vereijken J. M., Gruppen H., & Van Boekel M.A.J.S. (2004) Characterization of pea vicilin. 2. Consequences of compositional heterogeneity on heat-induced gelation behavior. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 3149-3154.

9. Tzitzikas E.N., Vincken J.P., Groot J., Gruppen H., & Visser R.G. (2006) Genetic variation in pea seed composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 425-433.

## ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ГОРОХА

**Г.В. СОБОЛЕВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: alniksobolev@rambler.ru

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

E-mail: alex.zadorin@yandex.ru

**А.Н. СОБОЛЕВ\***, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

\*ФГБОУ ВО ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА

**Аннотация.** В статье представлены результаты оценки относительной засухоустойчивости перспективных селекционных линий гороха гетерофилльного морфотипа хамелеон. Материалом для проведения исследований служили 7 перспективных линий гороха морфотипа хамелеон селекции ФНЦ ЗБК: Яг-10-384, Яг-12-37, Яг-16-41, Яг-16-96, Яг-16-107, Яг-16-721, Яг-16-721/1. Сорта стандарты: Ягуар (гетерофилльная форма хамелеон), Гамбит (усатый морфотип), Темп (обычный листочковый морфотип). Оценка устойчивости на ранних этапах онтогенеза осуществляли методом проращивания семян в селективных системах, содержащих в качестве стресс-фактора сахарозу (10 атм.). Контроль - вода. Диагностическим критерием устойчивости являлся индекс длины зародышевого корешка (ИДК) – отношение длины первичных корешков в условиях дефицита воды к контролю. Для анализа устойчивости к обезвоживанию целых растений использовали такой показатель, как водоудерживающая способность, определяемая методом завядания. Выявлены генотипические различия среди образцов гороха усатого, листочкового и гетерофилльного морфотипов по показателям, характеризующим относительную засухоустойчивость. Полученные данные позволили дифференцировать генотипы по группам устойчивости. В целом по проанализированным показателям (индекс длины корня и водоудерживающая способность растений в процессе завядания) среди изученного материала наибольшую относительную засухоустойчивость продемонстрировали селекционные линии Яг-16-41, Яг-16-96 и сорт Ягуар.

**Ключевые слова:** горох, морфотип, осмоустойчивость, засухоустойчивость.

**Для цитирования:** Соболева Г.В., Задорин А.М., Соболев А.Н. Относительная засухоустойчивость перспективных селекционных линий гороха. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):13-19. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-13-19

## RELATIVE DROUGHT TOLERANCE OF PROMISING PEA BREEDING LINES

**G.V. Soboleva, A.M. Zadorin, A.N. Sobolev\***

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

\*FSBEI HE «I.S. TURGENEV OREL STATE UNIVERSITY»

**Abstract:** The article presents the results of evaluation of relative drought tolerance of promising breeding lines of pea heterophyllous morphotype chameleon. Seven promising lines of pea morphotype chameleon breeding of FSC LGC served as material for research: Yag-10-384, Yag-12-37, Yag-16-41, Yag-16-96, Yag-16-107, Yag-16-721, Yag-16-721/1. Variety standards: Jaguar (heterophyllous chameleon form), Gambit (tendrill morphotype), Tempe (common leaf morphotype). Evaluation of resistance at early stages of ontogenesis was carried out by germination of seeds in

*selective systems containing sucrose (10 atm.) as a stress factor. Control - water. The diagnostic criterion of stability was the germinal root length index (GRI) - the ratio of primary roots length under water deficit conditions to the control. To analyze the dehydration tolerance of whole plants, an indicator such as water-holding capacity determined by the wilting method was used. Genotypic differences among pea samples of tendril, leafy and heterophyll morphotypes were revealed for indicators characterising relative drought tolerance. The data obtained allowed differentiating genotypes into resistance groups. In general, the breeding lines Yag-16-41, Yag-16-96 and the variety Jaguar showed the highest relative drought tolerance among the material analysed (root length index and water-holding capacity of plants during wilting).*

**Keywords:** pea, morphotype, osmotolerance, drought tolerance.

Возрастающий уровень интенсификации сельскохозяйственного производства вызывает необходимость создания новых высокопродуктивных, технологичных и устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды сортов. Такие требования в равной степени предъявляются и к ведущей зернобобовой культуре – гороху. Благодаря классической селекции, основанной на применении половой гибридизации и отбора, достигнуты значительные генетические и морфологические преобразования растений гороха. В результате создан целый спектр сортов гороха с измененной архитектоникой: короткостебельных, детерминантных, с усатым типом листа, позволивший решить проблему технологичности культуры и обладающих высокой потенциальной урожайностью [1]. Однако, несмотря на достигнутые успехи, возник целый ряд новых проблем. У современных сортов гороха интенсивного типа адаптивные свойства растений к стрессовым факторам среды имеют тенденцию к ухудшению. В связи с глобальными и локальными изменениями климата в сторону резкого потепления особую актуальность приобретают вопросы устойчивости новых сортов к засухе [2-4]. Таким образом, практическая селекция гороха должна совместить в сорте взаимоисключающие признаки: высокую биологическую продуктивность, технологичность и устойчивость к стрессовым факторам, в частности к засухе. Согласно классификации Н.И. Вавилова [5] горох относится к слабоустойчивым к засухе культурам. При этом засухоустойчивость крайне сложное понятие, обусловленное различными типами засух, их продолжительностью, биологическими особенностями возделываемых культур. Также следует отметить, что адаптивность к засухе сложная система структур и функций самих растений.

Для дальнейшего прогресса в селекции гороха как на высокую урожайность, так и на стрессоустойчивость предлагается повысить биоэнергетический потенциал растения. Перспективным исходным материалом для этого направления селекции являются формы гороха с измененной архитектоникой листового аппарата – рассеченнолисточковые, многократно непарноперистые, с ярусной гетерофиллией, обладающие высоким фотосинтетическим потенциалом. Особое внимание селекционеров акцентировано на оригинальной гетерофилльной форме хамелеон [6, 7]. Вовлечение данного морфотипа в селекционный процесс должно включать и оценку устойчивости к засухе. Для оценки устойчивости образцов к засухе предложено достаточно большое количество методов, основанных на физиологических механизмах адаптации к засухе. Достаточно информативным и наиболее часто используемым для ранней диагностики засухоустойчивости является метод проращивания семян на растворах осмотиков [8, 9]. Метод основан на способности засухоустойчивых сортов развивать более высокую сосущую силу в условиях физиологической засухи и формировать мощную корневую систему. Для анализа устойчивости целых растений, как правило, используется метод завядания, позволяющий определять водоудерживающую способность тканей.

**Цель исследований** – сравнительная оценка относительной засухоустойчивости перспективных линий гороха.

### Материал и методы исследований

Материалом для проведения исследований служили 7 перспективных линий гороха морфотипа хамелеон селекции ФНЦ ЗБК: Яг-10-384, Яг-12-37, Яг-16-41, Яг-16-96, Яг-16-107, Яг-16-721, Яг-16-721/1. У этой формы два-три нижних развитых листа обычно имеют два-три листочка и неветвящийся усик. На следующих четырех-пяти узлах лист представлен многократно разветвленными усиками с расположенными на них листочками неправильной формы (усато-листочковые листья). Выше по стеблю на трех-четырех узлах формируются листья с многократно ветвящимися усиками без листочков (усатые листья). В зоне плодоношения располагаются усато-листочковые листья (рис. 1).



Рис. 1. Растение гетерофилльной формы гороха – хамелеон (линия Яг-16-721)

Сорта стандарты: Ягуар (гетерофилльная форма хамелеон), Гамбит (усатый морфотип), Темп (обычный листочковый морфотип). Оценку устойчивости на ранних этапах онтогенеза осуществляли методом проращивания семян в селективных системах, содержащих в качестве стресс-фактора сахарозу (10 атм.). Контроль – вода. Диагностическим критерием устойчивости являлся индекс длины зародышевого корешка (ИДК) – отношение длины первичных корешков в условиях дефицита воды к контролю. Семена урожая 2022 года. Анализ проводили на 7 сутки. Оценку устойчивости и дифференциацию генотипов по относительной засухоустойчивости проводили по методике ВИР (1988).

Для анализа показателей водного режима целых растений данные генотипы высевали в полевом опыте в ручном посеве. Площадь питания растений – 100 см<sup>2</sup>. Водоудерживающую способность растений определяли в фазу бутонизация – начало цветения методом завядания срезанных растений в 12-кратной повторности по Н.Н. Третьякову (1990). Основные количественные показатели подвергали вариационно-статистической обработке по Б.А. Доспехову (1985).

### Результаты и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что в условиях смоделированной физиологической засухи наблюдается существенное угнетение роста первичных корешков гороха. Так, в контрольном варианте длина корешков проростков гороха изменялась от 2,43 см (Яг-16-41) до 4,70 см (Яг-16-107). В условиях осмотической нагрузки длина корешков снижалась более чем в два раза и варьировала от 1,05 см (Яг-16-721) до 1,97 см (Яг-10-384) (табл. 1).

Установлено, что осмотический раствор, содержащий 10 атм. сахарозы позволяет достаточно четко ранжировать образцы гороха по относительной засухоустойчивости на ранних этапах онтогенеза (рис. 2). Значение индекса длины корня у изученных образцов

изменялось в пределах от 0,30 до 0,61. При этом по данному показателю образцы гороха морфотипа хамелеон не только не уступали сорту Гамбит (ИДК=0,34), с усатым типом листа, но и в целом превзошли его. В сравнении с листочковым сортом Темп (ИДК=0,55) и гетерофилльным сортом Ягуар (ИДК=0,58) селекционные линии испытывали большее стрессовое воздействие на рост первичных корешков, что выразилось в более низких показателях ИДК.

Таблица 1

**Влияние осмотического стресса на показатели роста первичных корешков у проростков гороха морфотипа хамелеон**

| № п/п. | Генотип     | Длина зародышевых корешков, см. |           | Индекс длины корня |
|--------|-------------|---------------------------------|-----------|--------------------|
|        |             | Сахароза, 10 атм.               | Контроль  |                    |
| 1      | Яг-10-384   | 1,97±0,15                       | 4,08±0,27 | 0,48               |
| 2      | Яг-12-37    | 1,17±0,11                       | 3,37±0,31 | 0,35               |
| 3      | Яг-16-41    | 1,38±0,10                       | 2,43±0,19 | 0,57               |
| 4      | Яг-16-96    | 1,50±0,08                       | 2,45±0,23 | 0,61               |
| 5      | Яг-16-107   | 1,52±0,07                       | 4,70±0,26 | 0,32               |
| 6      | Яг-16-721   | 1,05±0,07                       | 3,46±0,31 | 0,30               |
| 7      | Яг-16-721/1 | 1,42±0,07                       | 3,49±0,22 | 0,41               |
| 8      | Гамбит-St   | 1,25±0,10                       | 3,68±0,27 | 0,34               |
| 9      | Ягуар-St    | 1,42±0,10                       | 2,45±0,18 | 0,58               |
| 10     | Темп-St     | 1,78±0,09                       | 3,24±0,21 | 0,55               |

Наибольшую способность противостоять недостатку влаги при прорастании семян продемонстрировали образцы Яг-16-96 (ИДК=0,61) и Яг-16-41 (ИДК=0,57).



Рис. 2. Анализ роста зародышевых корешков гороха, линия Яг-16-96 на растворе сахарозы (А – контроль, Б – раствор сахарозы 10 атм.)

Использование метода проращивания семян в растворе осмотиков дает представление о сосущей силе семян, которая позволяет у более засухоустойчивых сортов преодолевать осмотическое давление раствора и формировать более развитую корневую систему. Однако этого недостаточно для объективной оценки засухоустойчивости генотипов гороха. Значимым показателем, свидетельствующим о способности растений противостоять водному дефициту,

может служить водоудерживающая способность. В данном случае устойчивость к обезвоживанию определяется по величине водоотдачи растениями за определенный промежуток времени.

Результаты показали также наличие межсортовых и межлинейных различий по водоудерживающей способности растений (табл. 2)

Таблица 2

**Потери воды растениями гороха морфотипа хамелеон при завядании (фаза бутонизация-начало цветения), среднее за 2023-2024 гг.**

| № п/п | Генотип     | Потери воды, % |        |         |
|-------|-------------|----------------|--------|---------|
|       |             | 1 час          | 2 часа | 6 часов |
| 1     | Яг-10-384   | 9,01           | 12,94  | 23,28   |
| 2     | Яг-12-37    | 8,80           | 13,02  | 23,33   |
| 3     | Яг-16-41    | 7,04           | 10,51  | 21,11   |
| 4     | Яг-16-96    | 6,94           | 10,82  | 21,00   |
| 5     | Яг-16-107   | 6,50           | 10,64  | 22,21   |
| 6     | Яг-16-721   | 6,84           | 10,79  | 23,07   |
| 7     | Яг-16-721/1 | 7,58           | 11,74  | 23,07   |
| 8     | Гамбит-St   | 8,47           | 12,37  | 22,93   |
| 9     | Ягуар-St    | 8,33           | 11,90  | 21,31   |
| 10    | Темп-St     | 9,88           | 14,08  | 22,32   |

Следует отметить, что достаточно четкая дифференциация генотипов по устойчивости к обезвоживанию наблюдается уже с первого часа завядания и, как правило, значительно не изменяется в дальнейшем. Тем не менее, наиболее информативным показателем является водоудерживающая способность растений через шесть часов завядания.

Сравнительный анализ сортов-стандартов показал, что в среднем за два года исследований большей водоудерживающей способностью характеризовался гетерофилльный сорт Ягуар, потери воды у которого в процессе завядания (6 часов) составили 21,31%. У сортов Гамбит (усатый морфотип) и Темп (листочковый морфотип) потери воды составили 22,32% и 22,93% соответственно. У селекционных линий этот показатель варьировал от 21,00% (Яг-16-96) до 23,33% (Яг-12-37). Максимальные потери воды от ее первоначальной массы отмечены у линий Яг-10-384 (23,28%) и Яг-12-37 (23,37%). Среди всего изученного материала большей водоудерживающей способностью характеризовались селекционные линии Яг-16-96 и Яг-16-41. Растения данных линий в процессе обезвоживания потеряли 21,00% и 21,11% воды от их первоначальной массы соответственно.

Полученные в результате проведенных исследований данные позволили провести дифференциацию генотипов гороха по группам засухоустойчивости (табл. 3).

Таблица 3

**Дифференциация генотипов гороха по параметрам, характеризующим относительную засухоустойчивость**

| № п/п | Индекс длины корня           |                               |                         | Потери воды, %                 |                                 |                           |
|-------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
|       | Слабоустойчивые<br>0,30-0,40 | Среднеустойчивые<br>0,41-0,50 | Устойчивые<br>0,52-0,62 | Слабоустойчивые<br>22,58-23,35 | Среднеустойчивые<br>21,79-22,57 | Устойчивые<br>21,00-21,78 |
| 1     | Яг-12-37                     | Яг-10-384                     | Яг-16-41                | Яг-10-384                      | Яг-16-107                       | Яг-16-41                  |
| 2     | Яг-16-107                    | Яг-16-721/1                   | Яг-16-96                | Яг-12-37                       | Темп                            | Яг-16-96                  |
| 3     | Яг-16-721                    |                               | Ягуар                   | Яг-16-721                      |                                 | Ягуар                     |
| 4     | Гамбит                       |                               | Темп                    | Яг-16-721/1                    |                                 |                           |
| 5     |                              |                               |                         | Гамбит                         |                                 |                           |

Как следует из таблицы 3 в группу устойчивых как по индексу длины корня, так и по потерям воды растениями в процессе завядания, характеризующим водоудерживающую способность тканей, вошли генотипы Яг-16-41, Яг-16-96 и Ягуар. Сорт Темп по индексу длины корня вошел в группу устойчивых, а по потерям воды в процессе завядания оказался в группе среднеустойчивых. Это можно объяснить тем, что этот сорт, в свое время, был получен в результате отбора по начальному темпу роста зародышевого корешка.

Большинство изученных генотипов попали в одну группу устойчивости по обоим параметрам. Наблюдаемый незначительный разброс генотипов по группам устойчивости вероятно можно объяснить различными механизмами устойчивости, формирующимися у растений в процессе онтогенеза.

### **Заключение**

В результате исследований проведен анализ относительной засухоустойчивости перспективных линий гороха селекции ФНЦ ЗБК. Выявлены генотипические различия среди изученных генотипов гороха усатого, листочкового и гетерофилльного морфотипов по устойчивости к засухе. Показано, что раствор сахарозы с осмотическим давлением 10 атм. позволяет дифференцировать генотипы на ранних этапах онтогенеза. Достаточно четким показателем влияния моделируемой физиологической засухи служит индекс длины корня (ИДК). Значение ИДК в опыте варьировало от 0,30 (Яг-16-721) до 0,61 (Яг-16-96). Определение водоудерживающей способности в процессе завядания в фазу бутонизация-начало цветения позволило оценить устойчивость к обезвоживанию на уровне целых растений. Потери воды растениями за 6 часов завядания находились в пределах от 21,00% (Яг-16-96) до 23,33% (Яг-12-37).

Полученные данные позволили дифференцировать генотипы по группам устойчивости. В целом по проанализированным показателям (индекс длины корня и водоудерживающая способность растений в процессе завядания) среди изученного материала наибольшую относительную засухоустойчивость продемонстрировали селекционные линии Яг-16-41, Яг-16-96 и сорт Ягуар.

*Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGZZ-2022-0005.*

### **Литература**

1. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198.
2. Амелин А.В., Чекалин Е.И. Адаптивные способности растений гороха и их изменения в результате селекции. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 4-14. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11081.
3. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе. // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 3. – С.82-92.
4. Hari V., Rakovec O., Markonis Ya., Hanel M., Rumar R. Increased future occurrences of the exceptional 2018-2019 central European drought under global warming. // Scientific Reports, 2020;10:12207. Doi: 10.1038/s41598-020-68872-9.
5. Вавилов Н.И. Избранные сочинения. Генетика и селекция. – М., Из-во «Колос», – 1966. – 559 с.
6. Зеленов А.Н., Зеленов А.А. Сто лет орловской селекции гороха. Итоги и перспективы.// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 2 (42). – С. 41-59. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-41-59.

7. Зеленев А.Н., Задорин А.М., Зеленев А.А. Первые результаты создания сортов гороха морфотипа хамелеон. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 10-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10009.
8. Семенова Е.В., Косарева И.А. Диагностика засухоустойчивости образцов гороха (*Pisum sativum* L.) из коллекции ВИР. // Биотехнология и селекция растений. – 2021. – 4 (2). – С.5-14. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-01.
9. Соболева Г.В., Зеленев А.А., Соболев А.Н. Характеристика образцов гороха морфотипа хамелеон по относительной засухоустойчивости. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С.38-44. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-38-44.

#### References

1. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Development of grain legumes and cereals production in Russia based on the use of breeding achievements. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020, no.4(36), pp. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198.
2. Amelin A.V., Chekalin E.I. Adaptive abilities of pea plants and their changes as a result of breeding. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no.2(30), pp. 4-14. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11081.
3. Ksenofontov M.Yu., Polzikov D.A. The impact of climate change on the development of Russian agriculture in the long term. *Problemy prognozirovaniya*. 2020, no.3, pp.82-92.
4. Hari V., Rakovec O., Markonis Ya., Hanel M., Rumar R. Increased future occurrences of the exceptional 2018-2019 central European drought under global warming. *Scientific Reports*, 2020;10:12207. Doi: 10.1038/s41598-020-68872-9.
5. Vavilov N.I. Selected Essays. Genetics and breeding. Moscow., «Kolos» Publ., 1966, 559 p.
6. Zelenov A.N., Zelenov A.A. One hundred years of Oryol pea breeding. Results and prospects. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no.2(42), pp. 41-59. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-41-59.
7. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A. First results of the development of chameleon morphotype pea varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018, no.2(26), pp. 10-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10009.
8. Semenova E.V., Kosareva I.A. Diagnostics of drought tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) accessions from the VIR collection. *Biotehnologiya i selektsiya rastenii*. 2021, no.4(2), pp.5-14. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-01.
9. Soboleva G.V., Zelenov A.A., Sobolev A.N. Characterisation of chameleon morphotype pea accessions for relative drought tolerance. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, no.2(38), pp.38-44. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-38-44.

## РЕАКЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ГОРОХА СЕЛЕКЦИИ ВОРОНЕЖСКОГО ФАНЦ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА НА НОРМУ ВЫСЕВА

**И.А. ФИЛАТОВА**, старший научный сотрудник

ORCID ID 0000-0002-5706-7332

**Н.А. НУЖНАЯ**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА

E-mail: niish1c@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения норм высева перспективных сортообразцов гороха селекции Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева. Показано, что новые образцы гороха обладают рядом преимуществ над стандартом. Максимальный суммарный сбор зерна с гектара за 3 года показали образцы: Докучаевский – 56,7 ц/га при норме высева 1,3 млн.шт./га и образец 61/18 – 54,8 ц/га. Прибавка к стандарту составила 10 и 8 центнеров.

Структурные показатели, определяющие продуктивность растения гороха у представленных образцов, имеют индивидуальную отзывчивость на условия года и норму высева. В годы с высоким влагообеспечением при снижении нормы высева увеличивалось значение показателей: количество продуктивных узлов – 2,3 шт./раст. → 2,4 шт./раст. → 2,7 шт./раст. и количество бобов на растении – 3,4 шт./раст. → 3,7 шт./раст. → 4,0 шт./раст. Озерненность боба и количество зерен на растении возрастали при снижении нормы высева во все годы. В условиях повышенной влагообеспеченности эти различия были более значимыми. Количество зерен в бобе выросло с 4,1 шт./боб при норме высева 1,3 млн.шт./га до 4,3 и 4,6 шт./боб, при нормах 1,0 и 0,8 млн.шт./га соответственно, количество зерен на растении, соответственно, с 14,9 шт./раст. до 17,7 и 22,5 шт./раст. В засушливые годы на вариантах с низкой нормой высева формировалось более мелкое зерно. В благоприятные годы у сорта Докучаевский и образца 61/18 на всех вариантах формировалось одинаковое по крупности зерно. У сорта Фокор и линии 61/14 с увеличением площади питания увеличивалась масса 1000 зерен. Наиболее продуктивными растения были в варианте с нормой высева 0,8 млн.шт./га у всех образцов в условиях благоприятного 2021 года. В годы с низким индексом условий среды (2019 и 2020 гг), наиболее продуктивными были растения в вариантах с нормой высева 1,0 млн.шт./га – 1,45 и 2,45 г/раст. соответственно.

**Ключевые слова:** горох, норма высева, урожайность, образец, структура урожая.

**Для цитирования:** Филатова И.А., Нужная Н.А. Реакция перспективных сортообразцов гороха селекции Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева на норму высева. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):20-28. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-20-28

## REACTION OF PROMISING VARIETIES OF PEAS BREEDING OF THE V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER FOR THE SEEDING RATE

**I.A. Filatova, N.A. Nuzhnaya**

FSBSI V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN  
SCIENTIFIC CENTER

**Abstract:** The article presents the results of studying the seeding rates of promising pea varieties bred by the Voronezh Federal Scientific Center named after V.V. Dokuchaev. It is shown that the new pea samples have a number of advantages over the standard. The maximum total grain yield per hectare over 3 years was shown by the samples: Dokuchaevsky - 56.7 c/ha with a seeding

rate of 1.3 million pcs/ha and sample 61/18 - 54.8 c/ha. The increase to the standard was 10 and 8 centners.

*The structural indicators that determine the productivity of the pea plant in the presented samples have individual responsiveness to the conditions of the year and the sowing rate. In years with high moisture supply, with a decrease in the seeding rate, the values of the indicators increased: «number of productive units» – 2.3 pcs./growth. → 2.4 pcs./growth. → 2.7 pcs./growth. and «number of beans per plant» – 3.4 pcs./growth. → 3.7 pcs./growth. → 4.0 pcs./growth. The grain size of the bean and the number of grains on the plant increased with a decrease in the sowing rate in all years. Under conditions of increased moisture availability, these differences were more significant. The number of grains in the bean increased from 4.1 pcs./bean with a sowing rate of 1.3 million pcs/ha to 4.3 and 4.6 pcs./bean, with rates of 1.0 and 0.8 million pcs/ha, respectively, the number of grains per plant, respectively, from 14.9 pcs./growth. up to 17.7 and 22.5 pcs./growth. In dry years, smaller grains were formed on variants with low seeding rates. In favorable years, in the Dokuchaevsky variety and sample 61/18, grain of the same size was formed on all variants. In the Fokor variety and line 61/14, the mass of 1000 grains increased with increasing feeding area. The most productive plants were in the version with a sowing rate of 0.8 million pcs/ha for all samples in favorable 2021 conditions. In years with a low index of environmental conditions (2019 and 2020), the most productive were plants in variants with a seeding rate of 1.0 million pcs/ha – 1.45 and 2.45 g/growth. respectively.*

**Keywords:** peas, sowing rate, yield, sample, crop structure.

### Введение

Исторически так сложилось, что горох у нас в стране является основной зернобобовой культурой. Исходя из его биологических особенностей природно-климатические условия на большой площади территории РФ являются благоприятными для роста и формирования высокой продуктивности зерна гороха [1, 2]. Однако в последние два десятилетия отмечалось не только значительное снижение площади его посева, но и распространение сортов импортной селекции. В настоящее время мы наблюдаем расширение производства зерна гороха. По данным Росстата площадь его посева за последние три года увеличилась на 44% и продолжает расти дальше. При этом переориентирование сельскохозяйственного производства на отечественные семена требует от селекционеров ускоренного выведения и внедрения в производство новых высокоурожайных и конкурентоспособных сортов. Лучшие современные отечественные сорта гороха уже сегодня обеспечивают урожайность на уровне 60 ц/га, а потенциал их продуктивности превышает 70 ц/га. Однако, как показывает практика и данные научных исследований, в полной мере потенциал современных сортов гороха реализуется лишь при создании оптимальных условий для его выращивания [3, 4].

Среди агротехнических мероприятий, способствующих раскрытию генетического потенциала сорта, важная роль принадлежит норме высева [5, 6, 7, 8, 9]. Именно от нее во многом зависят условия роста и развития растений культуры, а значит и их продуктивность. Поэтому при внедрении в производство новых сортов гороха обязательным является изучение их реакции на изменение нормы высева, т.к. данное исследование позволяет не только установить ее оптимальную величину для конкретного сорта, но и оценить отзывчивость сорта на условия выращивания.

**Цель исследований** – изучение реакции новых сортов и перспективных сортообразцов гороха селекции Воронежского ФАНЦ на разные нормы высева.

### Материал, условия и методика исследований

Исследования проводились в 2019-2021 гг. на полях специального селекционного севооборота Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева, расположенного в Центрально-Черноземном регионе. Почва опытных полей – чернозем обыкновенный, среднегумусный тяжелосуглинистого гранометрического состава со следующей агрохимической характеристикой в слое почвы 0-40 см: гумус – 6,39%, рН<sub>KCl</sub> – 6,0; гидролитическая кислотность – 1,67, сумма поглощенных оснований – 46,12 мг-экв./100 г почвы; валовое содержание азота – 0,297, фосфора – 0,170, калия – 1,82%.

В качестве объектов исследований были использованы перспективные образцы гороха 61/14 и 61/18, новый сорт Докучаевский (селекционный номер 62/14) допущен к использованию с 2024 года по 5 и 6 регионам, которые сравнивались с горохом сорта Фокор нашей же селекции, являющимся уже долгие годы стандартом на Госсортоучастках Воронежской области. Все они относятся к усатому морфотипу.

В опыте изучались три нормы высева – 0,8; 1,0 и 1,3 млн. всхожих семян на 1 га. Схема опыта была построена по методу расщепленных делянок: делянки первого порядка – сортообразцы гороха (генотип); делянки второго порядка – нормы высева. Опыт закладывался в 4-х кратной повторности. Учетная площадь опытных делянок – 10 м<sup>2</sup>.

Для проведения структурного анализа растений гороха в фазу полной спелости культуры на каждой делянке опыта проводился отбор снопов с площадок размером 0,25 м<sup>2</sup> (0,83 x 0,3 м). Дана оценка факториальным составляющим продуктивности образцов гороха при различной густоте стояния растений: количество плодоносящих веточек, количество бобов и зерна на растении, озерненность боба, масса 1000 семян и масса зерна с растения. Анализ структуры урожая был проведен по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Массу 1000 зёрен определяли по ГОСТу 28636-90. Математическая обработка экспериментальных данных осуществлялась методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова(1985).

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались как по количеству осадков и температуре воздуха, так и по характеру их распределения по фазам вегетации гороха. Индекс условий среды (I<sub>j</sub>) по годам имел следующие значения: 2019 г. – -7,6; 2020 г. – -0,54; 2021 г. – 8,16. Общая сумма осадков за период вегетации гороха в 2019 составила 75 мм, что, исходя из биологических потребностей культуры, характеризует его как остросасушливый (ГТК = 0,5), в 2020 – 110 мм (засушливый, ГТК = 0,8), в 2021 – 153 мм (нормальный по увлажнению, ГТК = 1,1). При этом в 2019 и 2020 гг. критический для урожая гороха период (бутонизация-цветение) проходил в условиях повышенного температурного режима (среднесуточная температура воздуха превышала ее среднепогодные значения на 5,5-6,2 °С) и при полном отсутствии продуктивных осадков, что обусловило сокращение периода цветения, опадение верхних завязей и низкий коэффициент завязываемости бобов на растении. В 2021 году условия гидротермического режима вегетации гороха были близки к оптимальным значениям вплоть до фазы формирования бобов. В целом период исследований охватил широкий спектр метеословий, в т.ч. экстремальных, имеющих высокую вероятность их проявления в условиях ЦЧР, что позволяет дать объективную оценку изучаемым образцам по влиянию нормы высева на формирование наиболее значимых селекционных признаков.

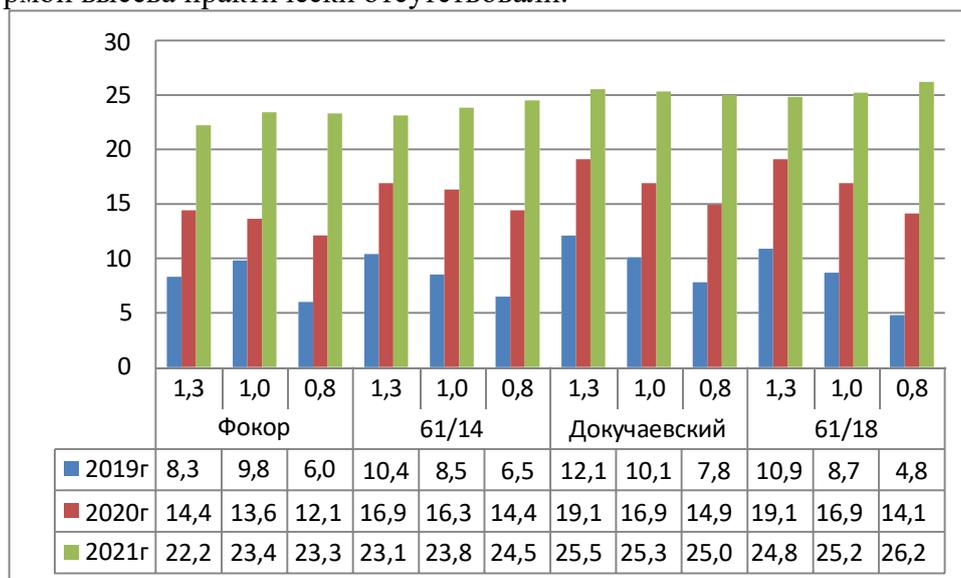
#### **Результаты исследований**

За три года исследований максимальный суммарный сбор зерна с 1-го гектара был получен у сорта Докучаевский – 56,7 центнера при норме высева 1,3 млн.шт./га. На втором месте был зеленозерный образец 61/18 – 54,8 центнера. У сорта Фокор максимальный трехгодичный сбор был при норме высева 1,0 млн.шт./га – 46,8 центнера. Это на 10 центнеров меньше чем у сорта Докучаевский и на 8 центнеров меньше, чем у образца 61/18. При сравнении значений урожайности при равной густоте стеблестоя 1,0 млн.шт./га, Фокор уступил новым образцам 5,5 центнера и 4 центнера соответственно.

В целом, наибольший урожай был получен на вариантах с нормой высева 1,3 млн.шт./га всхожих семян и он равномерно сокращался с уменьшением нормы высева. Исключение составил сорт Фокор. Только у него за 2 года исследований (2019 и 2021 гг.) максимальная урожайность была получена при густоте посева 1,0 млн.шт./га. Для этого сорта характерной особенностью является формирование на плодоносящих веточках по 3 боба. Этот признак проявляется при благоприятных условиях выращивания (высокий агрофон или увеличении площади питания). У остальных образцов данный признак не выявлен.

При рассмотрении урожайности образцов в динамике лет можно отметить, что в годы с низким индексом среды (I<sub>j</sub> 2019г = -7,6; I<sub>j</sub> 2020г = -0,54) максимальную урожайность горох давал

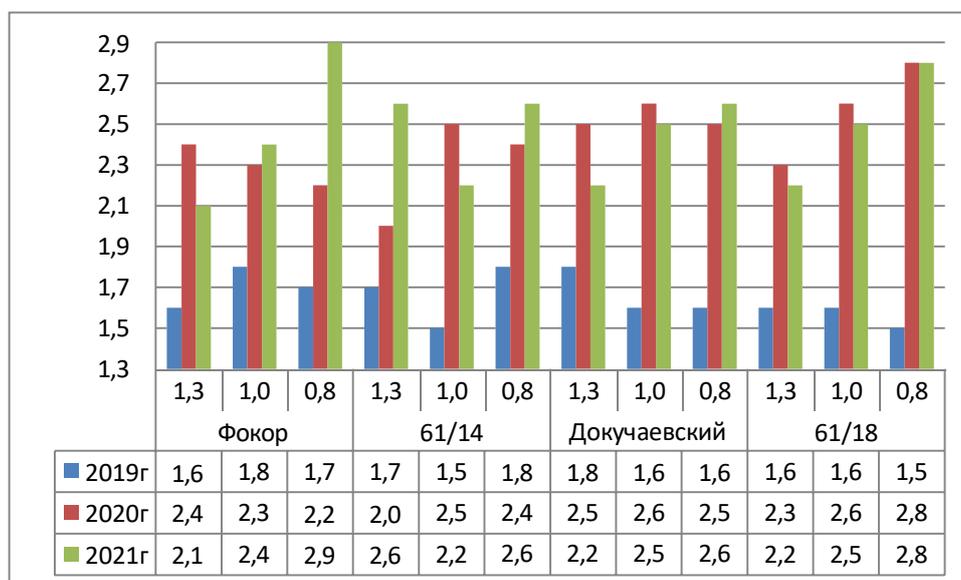
при норме высева 1,3 млн.шт./га (рис. 1). И она синхронно снижалась с уменьшением нормы высева. В благоприятном 2021 году ( $I_j_{2020г} = 8,16$ ) различия в урожайности между вариантами с разной нормой высева практически отсутствовали.



$НСР_{05} = 2019 \text{ г.} - 3,1; 2020 \text{ г.} - 2,7; 2021 \text{ г.} - 2,3$

Рис. 1. Динамика урожайности при разной норме высева по годам, ц/га

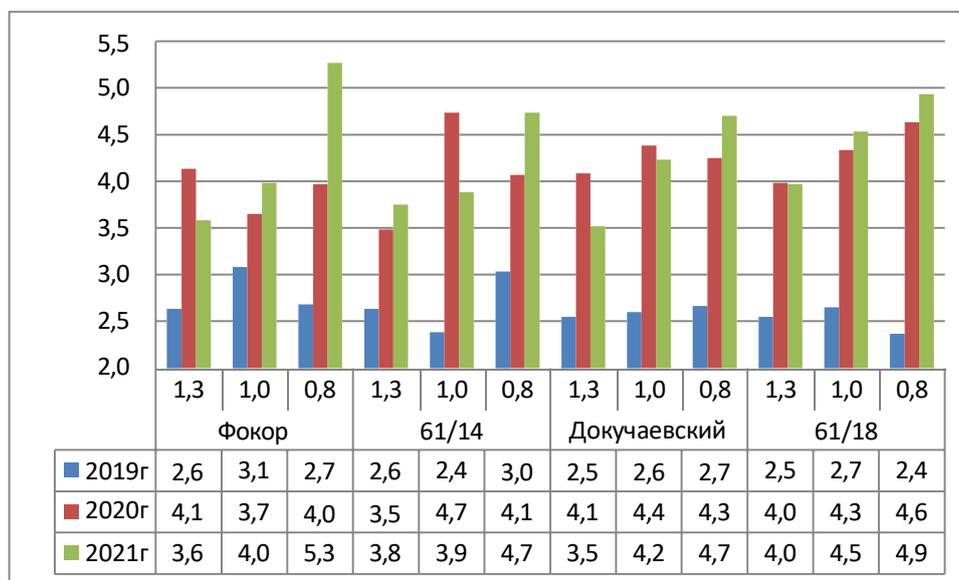
Оценка структурных показателей растений гороха выявила, что образцы имеют индивидуальную отзывчивость на условия года и норму высева. В 2019 году различия по количеству плодоносящих веточек между образцами при посеве с разной густотой были в пределах ошибки опыта (рис. 2). В 2020 году при снижении густоты стеблестоя отмечалось существенное увеличение количества плодоносящих узлов на растениях у образцов 61/14 и 61/18. При снижении нормы высева с 1,3 млн.шт./га до 1,0 млн.шт./га – +0,5 и +0,3 шт./раст., при снижении с 1,3 млн.шт./га до 0,8 млн.шт./га – +0,4 и +0,5 шт./раст. соответственно. У сортов Фокор и Докучаевский существенных различий не зафиксировано. В 2021 году уже у 3-х образцов четко прослеживалось увеличение количества плодоносящих узлов с увеличением площади питания растений. От наибольшей нормы высева (1,3 млн.шт./га) к наименьшей (0,8 млн.шт./га) значение показателя увеличивалось: Фокор – +0,3 и +0,8 шт./раст.; Докучаевский – +0,3 и +0,4 шт./раст.; 61/18 – +0,3 и +0,6 шт./раст при  $НСР_{05}=0,2$ .



$НСР_{05} = 2019 \text{ г.} - 0,2; 2020 \text{ г.} - 0,3; 2021 \text{ г.} - 0,2$

Рис. 2. Количество плодоносящих узлов в зависимости от нормы высева, шт./раст.

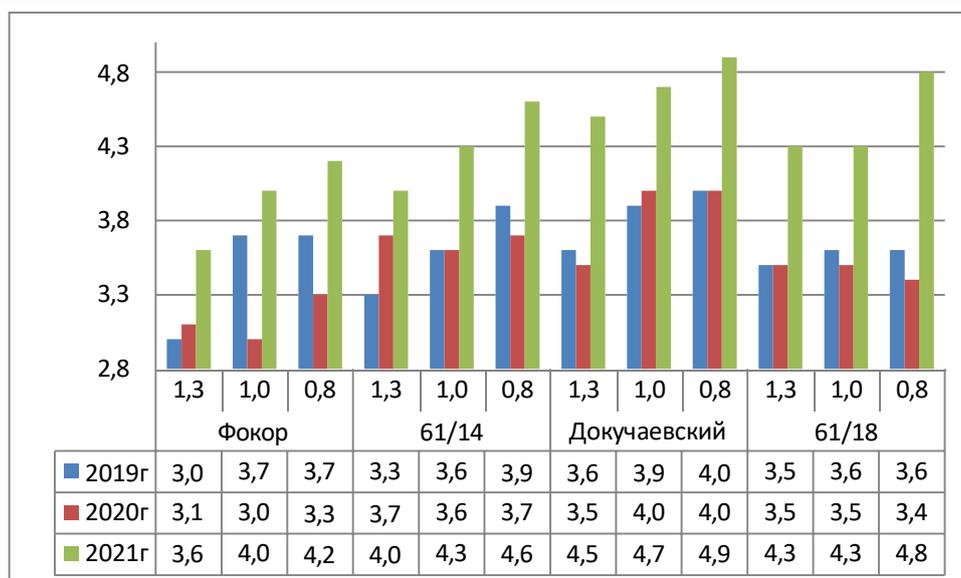
Анализ результатов по показателю количество бобов на растении показал, что в годы с экстремальными условиями погоды, в период бутонизации-цветения растений гороха (2019 и 2020 гг), сложно отследить синхронность в изменении значений по годам и образцам. В год с благоприятными погодными условиями наблюдается четкая динамика по увеличению количества бобов на растении с уменьшением нормы высева у всех испытуемых образцов (рис.3). В сравнении с посевами, высеянными нормой в 1,3 млн.шт./га, при густоте 1,0 и 0,8 млн.шт./га значения показателя изменялись следующим образом: у сорта Фокор – + 0,4 и + 1,7 шт./раст.; 61/14 – + 0,1 и + 0,9 шт./раст.; Докучаевский – + 0,7 и + 1,2 шт./раст.; 61/18 – + 0,5 и + 0,9 шт./раст. соответственно по годам.



НСР<sub>05</sub> = 2019 г. – 0,3; 2020 г. – 0,5; 2021 г. – 0,2

Рис. 3. Количество бобов на растении в зависимости от нормы высева, шт./раст.

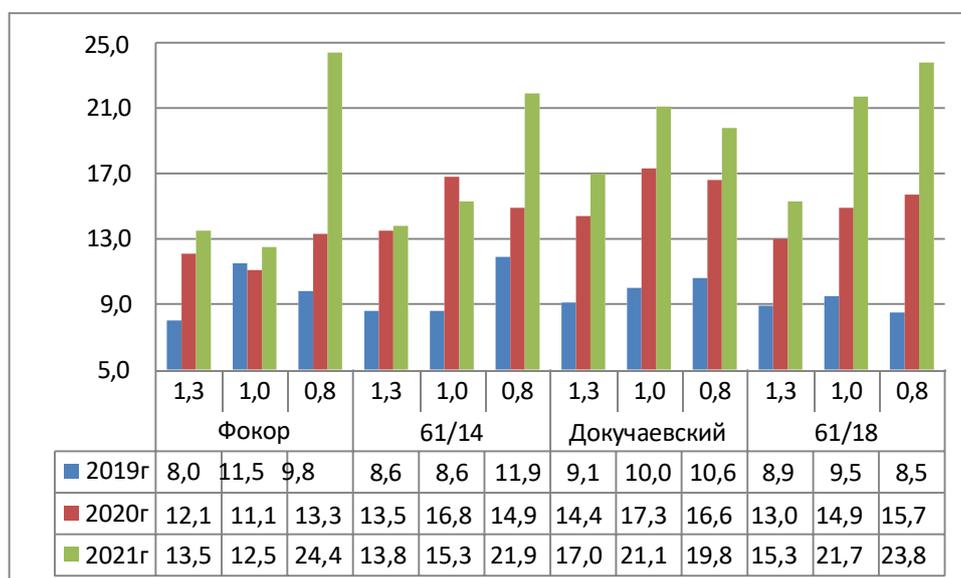
Показатель озерненность боба или количество зерен в бобе, является генетически наследуемым признаком. Так, у сорта Докучаевский (селекционный номер 62/14), который характеризуется высокой озерненностью боба [10], фиксировались самые высокие значения во все годы исследования и при любой норме высева (рис. 4). Хотя погодные условия в значительной степени оказывают влияние на величину этого признака. Во все годы проводимых исследований отмечается четкая тенденция увеличения параметров показателя в вариантах с меньшей нормой высева. В среднем по всем образцам с уменьшением густоты стеблестоя от 1,3 млн.шт./га до 1,0 млн.шт./га и от 1,3 млн.шт./га до 0,8 млн.шт./га озерненность боба увеличивалась в 2019 году с 3,4 шт./боб до 3,7 и 3,8 шт./боб, в 2021 году с 4,1 шт./боб до 4,3 и 4,6 шт./боб.



НСР<sub>05</sub>= 2019 г., 2020 г., 2021 г. – 0,2

Рис. 4. Озерненность боба в зависимости от нормы высева, шт./боб

Оценка результатов по показателю количество зерен на растении по годам показал, что в 2019 и 2020 гг., в целом, отмечалась незначительная динамика увеличения значения показателя в вариантах, где была применена посевная норма 1,0 млн.шт./га – + 1,2 и + 1,5 шт./раст; норма 0,8 млн.шт./га – + 1,7 и + 1,8 шт./раст. к значениям показателя полученного при посеве с нормой 1,3 млн.шт./га (рис. 5). Оценка влияния площади питания растения на количество завязывающихся зерен на нем в 2021 году, выявила существенные различия у испытуемых образцов.



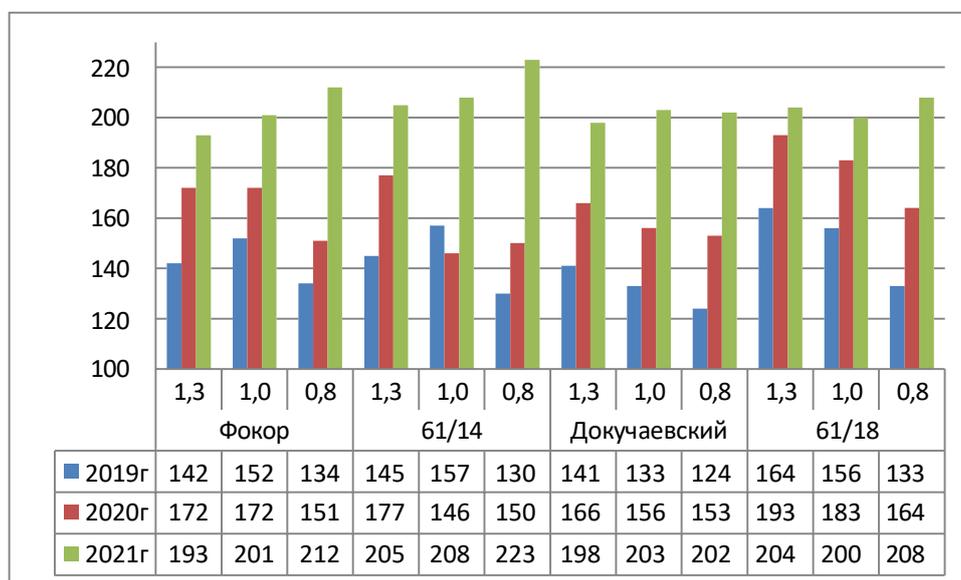
НСР<sub>05</sub>= 2019 г. – 1,5; 2020 г. – 1,8; 2021 г. – 1,3

Рис. 5. Количество зерен на растении при разной норме высева, шт./раст.

Наиболее значительно отреагировали на снижение нормы высева до 0,8 млн.шт./га образцы: Фокор – + 10,9 шт./раст., по сравнению с вариантом посева с нормой – 1,3 млн.шт./га и + 11,9 шт./раст. к варианту с нормой посева 1,0 млн./га; образец 61/14 – + 8,1 и + 6,6 шт./раст. соответственно. Различия данного показателя на вариантах с нормой высева 1,3 и 1,0 млн.шт./га были менее выражены. Образец 61/18 положительно отзывался на увеличение площади питания растения. Так при снижении нормы высева с 1,3 млн.шт./га до 1,0 млн.шт./га количество зерен на растениях уже давало увеличение на 6,4 шт./раст., а при снижении до

0,8 млн.шт./га на 8,5 шт./раст. У сорта Докучаевский во все годы испытаний не было выявлено больших колебаний показателя. Он показывал стабильно достаточно высокие значения во все годы изучения по отношению к другим испытываемым образцам. Тем не менее в 2020 и 2021 годах отмечалось достоверное увеличение количества зерна на растении в варианте с посевной нормой 1,0 млн.шт./га – + 2,9 шт./раст. (2020г) и + 4,1 шт./раст. (2021г). В варианте с нормой высева 0,8 млн.шт./га – + 2,2 шт./раст. и + 2,8 шт./раст.

Еще одним показателем, влияющим на продуктивность растения гороха, является масса 1000 зерен. Абсолютные значения этого показателя сильно подвержены влиянию погодных условий, складывающихся в период налива и созревания зерна. В 2019 г, в среднем, масса 1000 зерен составляла 142 г, в 2020 г – 165 г, в 2021 г – 205 г. При этом, в зависимости от нормы высева динамика распределения зерна по крупности изменялась по годам. Так в 2019 г самое крупное зерно сформировалось в вариантах с нормой высева 1,0 млн.шт./га – 150 г, минимальная при норме 0,8 млн.шт./га – 130 г. В 2020 г максимальные значения показателя получены при посеве с нормой 1,3 млн.шт./га – 177 г, минимальные при норме 0,8 млн.шт./га – 154 г. В 2021 году самое крупное зерно сформировалось в вариантах с нормой высева 0,8 млн.шт./га – 211 г, мелкое при норме 1,3 млн.шт./га – 200 г. При анализе данных, представленных на рисунке 6, можно отметить индивидуальную реакцию испытываемых образцов на густоту стеблестоя при различных погодных проявлениях. В годы с жарким и сухим летним периодом (2019 г. и 2020 г.) отмечалось формирование более мелкого зерна в более разреженных посевах. Скорее всего, это было связано с сильным иссушением почвы, вызванное редким стеблестоем. У усатых форм из-за отсутствия листовых пластин не происходит затенения прикорневой зоны, что приводит к активному испарению поверхностной влаги. В годы с достаточным влагообеспечением, в нашем опыте это 2021 год, во всех вариантах формируется либо одинаковое по крупности зерно, как у образцов Докучаевский (198 г, 203 г, 202 г) и 61/18 (204 г → 200 г → 208 г), либо крупность зерна увеличивается при увеличении площади питания – Фокор (193 г → 201 г → 212 г), 61/14 (205 г → 208 г → 223 г).

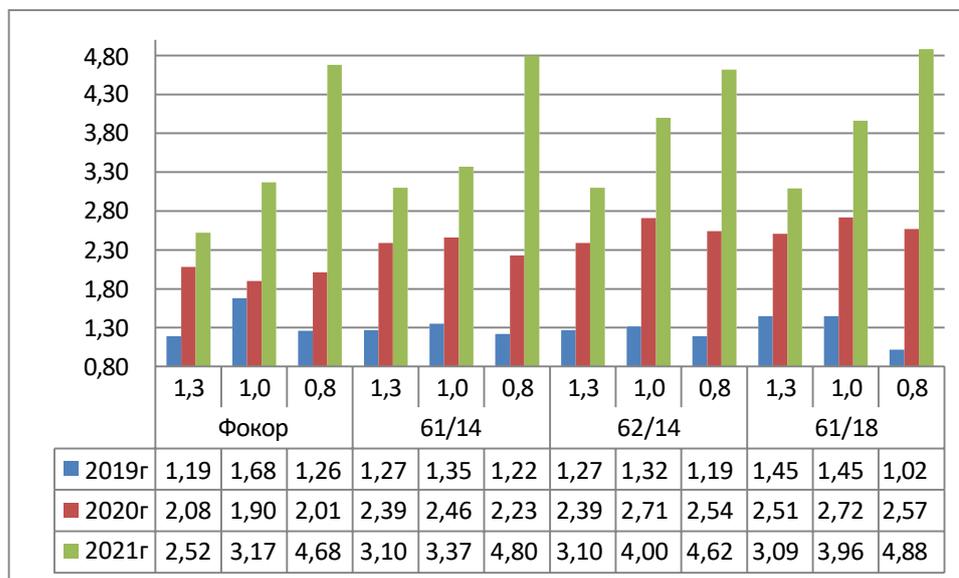


НСР<sub>05</sub> = 2019 г. – 6,2; 2020 г. – 6,2; 2021 г. – 5,5

Рис. 6. Масса 1000 зерен при разной норме высева, г

Ключевым показателем, определяющим продуктивность сорта, является масса зерна с растения. В наших исследованиях было выявлено, что в годы с низким индексом условий среды (2019 и 2020гг), в среднем по всем образцам, наиболее продуктивными были растения в вариантах с нормой высева 1,0 млн.шт./га – 1,45 и 2,45 г/раст. соответственно (рис. 7). Самая низкая продуктивность растения была получена в 2019 году при норме посева 0,8 млн.шт./га – 1,2 г/раст. В 2020 году продуктивность растений была одинаковой при посеве с нормами 1,3

и 0,8 млн.шт./га – по 2,34 г/раст. В 2021 году у всех исследуемых образцов продуктивность растения значительно увеличивалась синхронно с уменьшением нормы высева. При норме высева 1,3 млн.шт./га масса зерна с растения составляла 2,95 г, при 1,0 млн.шт./га – 3,63 г и при 0,8 млн.шт./га – 4,75 г.



НСР<sub>05</sub> = 2019г – 0,20; 2020г – 0,23; 2021г – 0,28

Рис. 7. Масса зерна с растения при разной норме высева, г

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что в условиях низкой влагообеспеченности в период вегетации гороха урожайность формируется, в основном, за счет густоты стеблестоя и снижается по мере уменьшения нормы высева. В 2019 г. от 1,3 млн.шт./га до 0,8 млн.шт./га: 10,4 ц/га → 9,3 ц/га → 6,3 ц/га, в 2020 г соответственно: 17,4 ц/га → 15,9 ц/га → 13,9 ц/га. Продуктивность растений очень низкая – от 1,2 до 1,4 г/раст. в 2019 г и от 2,3 до 2,5 г/раст. в 2020 г и различия между вариантами не существенны.

В благоприятном 2021 году отмечалось увеличение сбора зерна с единицы площади у всех образцов в вариантах со сниженной нормой высева. В среднем по опыту урожайность при разных нормах высева составила: 1,3 млн.шт./га – 23,9 ц/га, 1,0 млн.шт./га – 24,4 ц/га, 0,8 млн.шт./га – 24,8 ц/га. Это стало возможно за счет значительно возросшей продуктивности индивидуального растения. При норме высева 1,3 млн.шт./га масса зерна с растения составляла 2,95 г, при 1,0 млн.шт./га – 3,63 г и при 0,8 млн.шт./га – 4,75 г.

Факториальные составляющие продуктивности растения, посеянных при разной норме высева, по-разному проявляют себя в различные годы. Показатели количество плодоносящих узлов и количество бобов на растении в благоприятные годы возрастают в разреженных посевах, в годы с засушливым периодом цветение – бутонизация их величина остается постоянной. Значение показателей озерненность и количество зерен на растении увеличивается при снижении нормы высева при любых погодных проявлениях. Масса 1000 зерен в засушливые годы снижается в разреженных посевах. В годы с достаточным уровнем увлажнения отмечаются сортовые различия. У образцов Докучаевский и 61/18 масса 1000 зерен была одинаковой во всех вариантах, у образцов Фокор, 61/14 – увеличивалась при снижении нормы высева.

### Литература

1. Зотиков В.И., Вилунов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Том 25. – № 4. – С. 381-387. DOI:10.18699/VJ21.041

2. Зеленев А.Н., Зеленев А.А. Сто лет орловской селекции гороха. Итоги и перспективы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 2(42). – С. 41-59. DOI:10.24412/2309-348X-2022-2-41-59
3. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Ашиев А.Р., Новикова Л.Ю. Изучение генетического разнообразия коллекционного материала гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в условиях республики Башкортостан. // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 4. – С. 44-45.
4. Зотиков В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3(35). – С. 12-19. DOI:10.24411/2309-348X-2020-1179
5. Филатова И.А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от нормы высева // Земледелие. – 2019. – № 3 (2). – С. 36-38. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10210
6. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д. Формирование продуктивности сортов гороха посевного с деформацией лигнина в створках боба в зависимости от плотности посева. // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – № 2 (53). – С. 58-63
7. Воскобулова Н.И., Верещагина А.С., Ураскулов Р.Ш. Структура урожайности зерна гороха в зависимости от нормы высева в степной зоне Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Том 102. – № 1. – С. 164-172.
8. Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н., Хуснутдинова А.Т., Абросимова Т.Н. Влияние густоты посева на формирование продуктивности сортов гороха в зависимости от типа боба. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022 – № 3(43) – 12-19. DOI:10.24412/2309-348X-2022-3-12-19
9. Кузьминых А.Н., Мусирякова М.М. Влияние норм высева и обработки семян молибденом на урожайность и качество зерна гороха посевного // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5 (103). – С. 57-62. DOI:10.37670/2073-0853-2023-103-5-57-62
10. Филатова И.А. Характеристика перспективных сортообразцов гороха по селекционно - ценным признакам. // Центральный научный Вестник. – 2018. – Т.3. – № 22 (63). – С.39-42.

#### References

1. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Modern breeding of leguminous and groat crops in Russia. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2021, Vol. 25, no. 4, pp. 381-387.
2. Zelenov A.N., Zelenov A.A. One hundred years of Oryol pea breeding. Results and prospects. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no. 2(42), pp. 41-59.
3. Davletov F.A., Gainullina K.P., Ashiev A.R., Novikova L.Yu. Study of genetic diversity of collection material of pea (*Pisum sativum* L.) under conditions of the Republic of Bashkortostan. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2014, no. 4, pp. 44-45.
4. Zotikov V.I. Domestic breeding of leguminous and cereal crops. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 3(35), pp. 12-19.
5. Filatova I.A. Pea productivity and yield structure elements depending on seeding rate. *Zemledelie*, 2019, no. 32, pp. 36-38.
6. Fadeeva A.N., Shurkhaeva K.D. Formation of productivity of seed pea varieties with lignin deformation in bean leaflets depending on sowing density. *Vestnik Kazanskogo GAU*, 2019, no. 2 (53), pp. 58-63
7. Voskobulova N.I., Vereshchagina A.S., Uraskulov R.Sh. Pea grain yield structure depending on seeding rate in the steppe zone of Orenburg Urals. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019, Vol. 102, no. 1, pp. 164-172.
8. Shurkhaeva K.D., Fadeeva A.N., Khusnutdinova A.T., Abrosimova T.N. Influence of sowing density on productivity formation of pea varieties depending on bean type. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, 3(43), pp. 12-19.
9. Kuz'minykh A.N., Musiryakova M.M. Influence of seeding rates and seed treatment with molybdenum on yield and quality of pea seed grain. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023, no. 5 (103), pp. 57 - 62.
10. Filatova I.A. Characteristics of promising pea varieties based on breeding-valuable traits. *Tsentrал'nyi nauchnyi Vestnik*. 2018, Vol.3, no. 22 (63), pp.39-42.

## **ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА ФЛОР ГУМАТА УНИВЕРСАЛЬНОГО И ФУНГИЦИДА ТИТУЛ ДУО, ККР НА УРОЖАЙНОСТЬ ГОРОХА СОРТА СПАРТАК ПРИ ВНЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ**

**А.И. ЕРОХИН**, кандидат сельскохозяйственных наук

**З.Р. ЦУКАНОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0009-0000-3654-4948, E-mail: ztsukanova@list.ru

**А.Н. ГУСЕВА**, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0002-8711-8118,  
E-mail: gusevazbk@mail.ru

**Е.В. ЛАТЫНЦЕВА**, научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0009-5760-8264

**А.К. АСАДБЕКОВ**, научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования по совместному применению препарата Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР при внекорневой подкормке гороха, их влиянию на урожайность и элементы продуктивности. В исследованиях установлено, что обработка вегетирующих растений гороха сорта Спартак препаратом Флор Гуматом универсальным (одним) и совместно с фунгицидом Титул Дуо, ККР увеличивает зелёную массу растений на 25,7-79,3 г, (10,7-14,7%), воздушно-сухую массу растений – на 5,6-6,8 г, (11,0-13,4%), по сравнению с контрольным вариантом. Лучшие результаты получены от совместного применения препаратов. Применение препарата Флор Гумата универсального - 500 мл/га на растениях увеличивает урожайность гороха на 0,16 т/га (8,0%) к контролю.*

*Урожайность гороха сорта Спартак от совместного применения препаратов Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР) превышала контрольный вариант (в среднем за 2021-2023 гг.) на 0,24 т/га или 11,9%, а элементы продуктивности растений – от 0,5 до 20,0%, масса 1000 семян превышала контроль на 0,8-1,4%, увеличение содержания белка в выращенных семенах составило 0,4-0,7%.*

**Ключевые слова:** Флор Гумат универсальный, Титул Дуо, ККР., растения, обработка, урожайность.

**Для цитирования:** Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Гусева А.Н., Латынцева Е.В., Асадбеков А.К. Влияние совместного применения препарата Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР на урожайность гороха Спартак при внекорневой обработке растений. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):29-34. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-29-34

## **THE EFFECT OF THE COMBINED USE OF THE PREPARATION FLOR HUMATE UNIVERSAL AND THE FUNGICIDE TITUL DUO, KKR ON THE YIELD OF SPARTAK PEAS DURING FOLIAR TREATMENT OF PLANTS**

**A.I. Erokhin, Z.R. Tsukanova, A.N. Guseva, E.V. Latyntseva, A.K. Asadbekov**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract:** The use of preparations separately and together with fungicides for foliar (leaf) feeding allows improving the quantitative and qualitative indicators of crop yield. In a laboratory and field experiment, vegetative Spartak pea plants were treated with Flor Humate Universal at a dose of 500 ml/ha (one preparation), as well as with the addition of the fungicide Title Duo, KKR 0.35 l/ha. Pea plants were treated in the phase budding – beginning of blossom. The volume of water*

*for preparing working solutions of the preparations was 250-300 l/ha. The studies have shown that the treatment of vegetative plants of Spartak peas with Flor Humate universal (alone) and together with the fungicide Title Duo, KKR increases the green mass of plants by 25.7-79.3 g (10.7-14.7%), the air-dry mass of plants by 5.6-6.8 g (11.0 - 13.4%) compared to the control variant. The best results were obtained from the combined use of preparations. The use of the preparation Potassium Humate liquid (peat) 500 ml/ha on plants increases the yield of peas to the control by 0.16 t/ha (8.0%).*

*The increase in pea yield from the combined use of Flor Humate universal and the fungicide Title Duo, KKR exceeded the control variant (on average for 2021-2023) by 0.24 t/ha or 11.9%, and plant productivity elements from 0.5 to 20.0%, the weight of 1000 seeds exceeded the control by 0.8-1.4%, and the increase in protein content in the grown seeds was 0.4-0.7%.*

**Keywords:** Flor Humate universal, Title Duo, KKR; plants, treatment, yield.

### Введение

Потенциальная продуктивность перспективных сортов гороха может быть улучшена при посеве семенами с высокими посевными качествами и урожайными свойствами. Потребность в зелёной массе гороха в большинстве регионов страны также имеет большое значение, как и в семенах [1]. Нехватка традиционных форм органических и минеральных удобрений заставляет изыскивать новые препараты и включать их в современные агрономические технологии возделывания зернобобовых культур. В связи с изменениями погодных условий значительная роль отводится различным методам повышения иммунной системы растений [2, 3].

В последние годы получены новые многокомпонентные жидкие гуминовые препараты, которые совместно с фунгицидами повышают эффект стимуляции роста и развития растений. Применение препаратов на растениях позволяет снизить пестицидную нагрузку в агроценозах, повысить иммунитет растений, увеличить урожайность и улучшить качество выращенной продукции [4, 5].

**Цель исследований** – установить влияние Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР при внекорневой подкормке на урожайность гороха сорта Спартак.

### Материал и методы проведения исследований

Исследования проводились в 2021-2023 годах на опытном участке лаборатории семеноведения и первичного семеноводства. Для исследований принят сорт гороха посевного Спартак. Полевые опыты были заложены на тёмно-серой, лесной среднесуглинистой почве, с мощностью гумусового горизонта 25-30 см. Размер опытной делянки – 8 м<sup>2</sup>, повторность четырёхкратная, размещение делянок – рендомизированное. Посев делянок проведён в оптимальные сроки, применительно к условиям Орловской области, селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева 1,2 млн. всхожих семян на гектар.

В полевых условиях обработка вегетирующих растений гороха сорта Спартак препаратом Флор Гуматом универсальным проведена из расчёта 500 мл препарата на 1 гектар, а также с добавлением фунгицида Титул Дуо, ККР в дозе 0,35 л/га. Объём воды для приготовления рабочего раствора препаратов 250-300 л/га. Обработка растений препаратами проведена в фазу бутонизации - начало цветения.

Схема опыта: - Контроль - необработанные растения

- Флор Гумат универсальный -500 мл/га, обработка растений

- Флор Гумат универсальный -500 мл/га- + Титул Дуо, ККР - 0,35 л/га, обработка растений

**Флор Гумат универсальный** – комплексный гуминовый препарат на основе природных соединений хвойного экстракта и гуминовых веществ озёрного сапропеля. Содержание питательных веществ в препарате (г/л) не менее: азота 2,5, фосфора (P<sub>2</sub>O) 12,5, калия (K<sub>2</sub>O) 22,0, кальция 1,5, магния 0,3, серы 4,0. Микроэлементы (мг/л) не менее: бора 9,0, молибдена 18,0 марганца 360, цинка 270, меди 90, кобальта 18,0, железа 45,0. Кислотность почвы, pH не более 9,0.

Спектр влияния препарата - регулирование роста, развитие и повышение иммунитета растений, особенно в засушливые периоды вегетации [6].

**Титул Дуо, ККР** – системный фунгицид для борьбы с широким спектром болезней зерновых культур, содержит 200 г/л пропиконазола+200 г/л тебуконазола. При обработке посевов поступает в растение через листья и стебель [7].

Во время вегетации растений изучена динамика роста, проведены учёты зелёной и сухой массы растений. Перед уборкой с каждой делянки отобраны образцы растений для анализа структуры урожая. Уборку гороха проводили прямым комбайнированием. Полученный при уборке урожай учитывали поделючно. Данные по урожайности приведены к стандартной влажности и 100% чистоте. Результаты опытов по урожайности обработаны математически, методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

#### Результаты и их обсуждение

Применение многокомпонентных жидких препаратов отдельно и совместно с фунгицидами для внекорневых (листовых) подкормок позволяет улучшить иммунную систему растений и устойчивость их к различным видам заболеваний, в современных условиях защитить растения от воздействия экологических стрессов, улучшить количественные и качественные показатели урожайности культуры.

В лабораторно–полевом опыте с контрольных и опытных делянок отобраны образцы растений гороха сорта Спартак для анализа на продуктивность по накоплению зелёной и воздушно сухой массы (табл. 1).

Таблица 1

#### Влияние комплексного применения препаратов Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР на зелёную и воздушно-сухую массу растений гороха сорта Спартак (среднее за 2021-2023 гг.)

| Варианты опыта                                                                      | Зелёная масса 10 растений, г | Прибавка к контролю |      | Воздушно-сухая масса 10 растений, г | Прибавка к контролю |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|------|-------------------------------------|---------------------|------|
|                                                                                     |                              | г                   | %    |                                     | г                   | %    |
| Контроль - необработанные растения                                                  | 234,0                        | --                  | -    | 50,8                                | -                   | -    |
| Флор Гумат универсальный-500 мл/га-обработка растений                               | 259,7                        | 25,7                | 10,7 | 56,4                                | 5,6                 | 11,0 |
| Флор Гумат универсальный-500 мл/га- + Титул Дуо, ККР-0,35 л/га, обработка растений. | 268,3                        | 34,3                | 14,7 | 57,6                                | 6,8                 | 13,4 |
| НСР <sub>05</sub>                                                                   | 27,5                         |                     |      | 1,3                                 |                     |      |

На основании данных таблицы 1 установлено, что применение на растениях гороха в фазу бутонизации начало цветения одного препарата Флор Гумата универсального в дозе 500 мл/га увеличивает зелёную массу растений, по сравнению с контрольными растениями, в среднем за 2021-2023 годы, на 25,7 г (10,7%). От совместного применения препаратов: Флор Гумата универсального в дозе – 500 мл/га и фунгицида Титул Дуо, ККР - 0,35 л/га, зелёная масса растений гороха превышала зелёную массу контрольных на 34,3 г или (14,7%).

Накопление сухой массы обработанными растениями гороха препаратом Флор Гуматом универсальным составило к контролю 5,6 г (11,0%), при комплексном применении препаратов (Флор Гумата универсального и Титул Дуо, ККР) – 6,8 г или 13,4%.

Применение Флор Гумата универсального в дозе 500 мл/га на растениях, повышает урожайность гороха к контрольному варианту на 0,16 т/га (8,0%). При совместной обработке Флор Гуматом универсальным и фунгицидом Титул Дуо, ККР- 0,35 л/га, превышение урожайности гороха над контролем (в среднем за 2021-2023 гг.) составило 0,24 т/га или 11,9% (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние совместного применения препаратов Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР на урожайность гороха Спартак при внекорневой обработке растений (среднее за 2021-2023 гг. )**

| Варианты опыта                                                                      | Урожайность т/га |      |      |         | Прибавка к контролю |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|------|---------|---------------------|------|
|                                                                                     | 2021             | 2022 | 2023 | Средняя | т/га                | %    |
| Контроль необработанные растения                                                    | 1,47             | 2,53 | 2,03 | 2,01    |                     |      |
| Флор Гумат универсальный-500 мл/га-обработка растений                               | 1,58             | 2,76 | 2,16 | 2,17    | 0,16                | 8,0  |
| Флор Гумат универсальный-500 мл/га- + Титул Дуо, ККР-0,35 л/га, обработка растений. | 1,72             | 2,81 | 2,22 | 2,25    | 0,24                | 11,9 |
| НСР <sub>05</sub>                                                                   | 0,08             | 0,12 | 0,06 | -       | -                   | -    |

По данным структурного анализа растений, установлено увеличение количества бобов гороха (в среднем с одного растения) к контролю на 20,0%, семян на 0,5-4,1%, массы семян на 1,3-5,9%. Масса 1000 семян превышала контроль на 0,8-1,4% (табл. 3) .

Таблица 3

**Влияние совместного применения препаратов Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР на элементы продуктивности гороха Спартак при внекорневой обработке растений ФНЦ ЗБК, среднее за 2020-2023гг.**

| Варианты опыта                                                                      | Количество бобов с растения, шт. | Количество семян с растения, шт. | Масса семян с растения, г | Масса 1000 семян, г | Увеличение содержания белка в семенах, %. |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------------------------|
| Контроль - необработанные растения                                                  | 5,0                              | 18,4                             | 3,99                      | 216,8               | -                                         |
| Флор Гумат универсальный 500 мл/га-обработка растений                               | 6,0                              | 19,4                             | 4,25                      | 219,0               | 0,7                                       |
| Флор Гумат универсальный 500 мл/га- + Титул Дуо, ККР 0,35 л/га, обработка растений. | 6,0                              | 20,1                             | 4,41                      | 219,4               | 0,4                                       |

Результаты исследований показали, что применение внекорневых подкормок способствует увеличению содержанию протеина в зерне (рисунок). В 2021 году было установлено, что в результате совместного применения Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо содержание протеина возросла на 1,2% (25,5%), в 2022 году на 0,7% (24,6%), в 2023 году на 0,3% (24,2%).

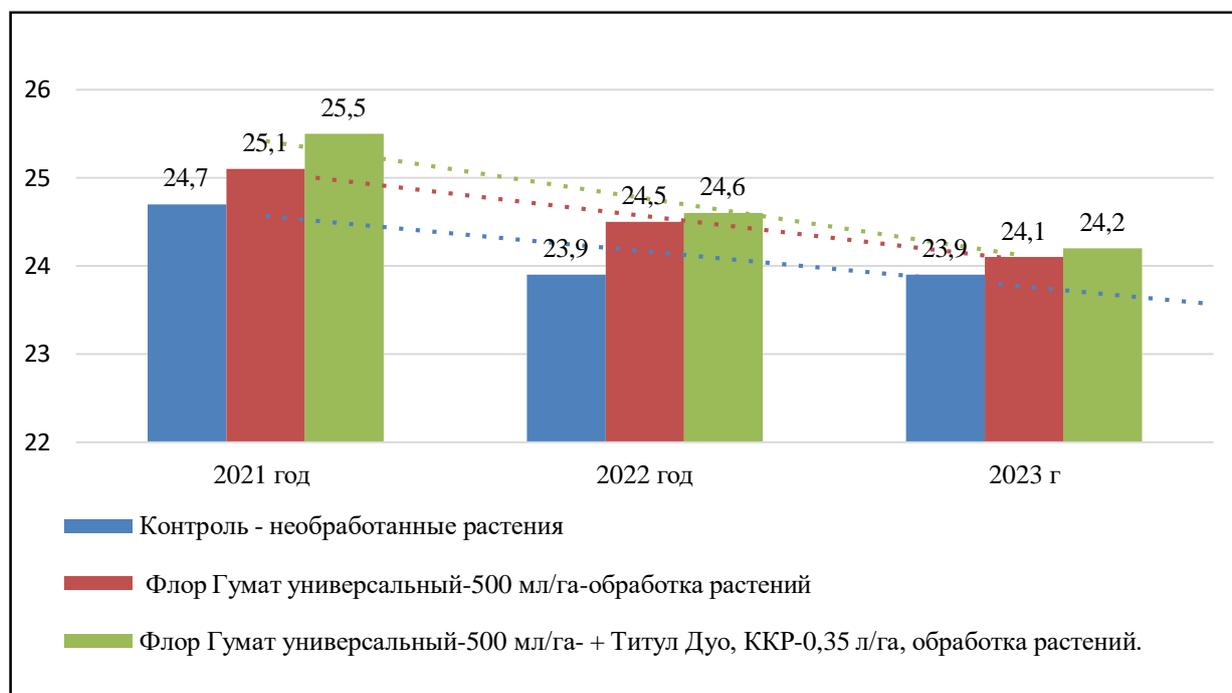


Рис. Влияние внекорневых обработок на содержание протеина в зерне гороха, %

### Заключение

Таким образом, совместное применение гуминового препарата Флор Гумата универсального и фунгицида Титул Дуо, ККР на растениях, является эффективным приёмом увеличения элементов продуктивности растений и урожайности гороха сорта Спартак.

### Литература

- Идимешев Н.В., Кадычегова В.И. Изменчивость признаков зелёной массы гороха и её учёт в селекции. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2018. – № 1 (50). – С. 29-35. – EDN YSXLBS
- Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Латынцева Е.В. Эффективность применения экологически безопасных препаратов для предпосевной обработки семян гороха. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3 (43). – С. 20-25. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-20-25.
- Озерецковская О.Л. Индуцирование устойчивости растений//Аграрная Россия. Научно-производственный бюллетень. – 1999. – № 1(2). – С.4.
- Ерохин А.И., Зотиков В.И. Улучшение посевных качеств семян и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур на основе применения гуминовых препаратов и защитно-стимулирующих составов: рекомендации. - Изд. Орёл, ФГБНУ ВНИИЗБК, – 2015. – 48 с.
- Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Гусева А.Н., Латынцева Е.В., Асадбеков А.К. Предпосевная подготовка семян гороха к посеву с применением препарата гуминовой природы // Актуальные научные разработки для отрасли растениеводства: Материалы международных научно-практических конференций, Орёл, 29 июня – 03 июля 2023 года. – Орёл: ООО Полиграфическая фирма «Картуш», – 2023. – С. 102-111. – EDN RSHUBM.
- Список пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации. Справочное издание. Изд. Москва, – 2021. – 789 с.
- Каталог продукции. «АО Щёлково Агрохим», – 2018. – 174 с.

### References

- Idimeshev N.V., Kadychegova V.I. Variability of traits of green mass of peas and its consideration in breeding. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova*, 2018, no. 1(50), pp. 29-35, EDN YSXLBS
- Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V. Efficiency of using environmentally friendly preparations for pre-sowing treatment of pea seeds. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no. 3 (43), pp.20-25. ISSN 2309-348X. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-20-25.

3. Ozeretskoykaya O.L. Induction of plant resistance. *Agrarnaya Rossiya*, 1999, no. 1(2), p.4.
4. Erokhin A.I., Zotikov V.I. Improving the sowing qualities of seeds and increasing the productivity of agricultural crops based on the use of humic preparations and protective-stimulating compounds: recommendations, Orel, FGBNU VNIIZBK Publ., 2015, 48 p.
5. Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V., Guseva A.N., Asadbekov A.K. Pre-sowing preparation of pea seeds for sowing using a humic preparation. Collection Current scientific developments for the plant growing industry. Materials of international scientific practical conferences, Orel, June 29 – July 03, 2023. Orel: PF ООО «Kartush» Publ., 2023, pp.102-111. . – EDN RSHUBM
6. List of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation. Reference publication. Moscow, 2021, 789 p.
7. Product catalog of «AO Shchyolkovo Agrohim», 2018, p. 174.

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ И СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА

А.С. АКУЛОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований 2022-2024 гг. по изучению роли различных видов удобрений, их способов применения и современных средств защиты растений в реализации продуктивности новых сортов гороха Ягуар и Эстафета.

Исследованиями установлено, что сорт гороха Эстафета превосходит Ягуар по устойчивости к полеганию (коэффициент составил соответственно 1,2 и 1,5 баллов).

Внесение в почву минеральных удобрений было эффективным только в 2022 году, прибавка урожая составила 0,32-0,52 т/га, в 2023 и 2024 годы из-за недостатка влаги удобрения не сработали. Наиболее интенсивным сортом показал себя Ягуар, в среднем за три года он превзошел Эстафету на 0,15 т/га.

Протравливание семян пестицидами против болезней и вредителей совместно с обработкой Экором обеспечили увеличение урожая гороха на 0,26-0,46 т/га. Обработка пестицидами и микроудобрениями вегетирующих растений привели к росту продуктивности гороха на 0,64-0,79 т/га по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** горох, сорта, минеральные удобрения, Экор, Ультрамаг Комби, Имидоклоприд, Тебуконазол, Эсперо, Деларо, пестициды, урожайность.

**Для цитирования:** Акулов А.С. Влияние различных форм и способов применения удобрений и средств защиты растений в реализации генетического потенциала новых сортов гороха. Зернобобовые и крупяные культуры. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 4(52):35-38. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-35-38

## INFLUENCE OF DIFFERENT FORMS AND METHODS OF APPLICATION OF FERTILIZERS AND PLANT PROTECTION MEANS IN REALIZATION OF GENETIC POTENTIAL OF NEW PEA VARIETIES

A.S. Akulov

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** The article presents the results of research 2022-2024 on studying the role of different types of fertilizers, their application methods and modern plant protection means in realising the productivity of new pea varieties Jaguar and Estafeta

The research found that the pea variety Estafeta was superior to Jaguar in lodging resistance (the coefficient was 1.2 and 1.5 points, respectively).

Application of mineral fertilizers to the soil was effective only in 2022, the yield increase was 0.32-0.52 t/ha, in 2023 and 2024 due to lack of moisture fertilizers did not work. Jaguar proved to be the most intensive variety, outperforming Estafeta by 0.15 tonnes/ha on average over the three years.

Seed dressing with pesticides against diseases and pests together with treatment with Ecor provided an increase in pea yield by 0.26-0.46 tonnes/ha. Treatment of vegetative plants with pesticides and microfertilisers resulted in an increase in pea productivity by 0.64-0.79 t/ha compared to the control.

**Keywords:** peas, varieties, mineral fertilisers, Ecor, Ultramag Combi, Imidocloprid, Tebuconazole, Espero, Delaro, pesticides, yields

### **Введение**

Зернобобовые культуры являются важной составной частью структуры посевных площадей в зерновом комплексе России. Во многих регионах горох обеспечивает наибольший урожай зерна и сбор белка с гектара [1].

Естественное плодородие не позволяет в полной мере реализовать потенциальную продуктивность гороха и поэтому важнейшим фактором его урожайности является рациональное применение удобрений [2, 3]. Однако одностороннее применение невысоких доз макро– и микроудобрений для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок в течение вегетации не может обеспечить высокую потребность гороха в азоте, фосфоре и калии и заменить основное внесение минеральных туков в почву, а позволяет лишь дополнить и повысить эффективность их использования.

В этой связи, изучение роли основного удобрения и микроудобрений при обработке семян и листовой подкормке растений, их сочетание с эффективными пестицидами для сортов гороха нового поколения в реализации их генетического потенциала актуально [4]. Это должно повысить урожайность, качество урожая и обеспечить стабильность продуктивности при неблагоприятных факторах среды.

### **Методика и материалы исследований**

Исследования проводились в 2022-2024 годы в севообороте лаборатории агротехнологий и защиты растений. В опыте изучались сорта гороха Ягуар и Эстафета, внесение весной в почву минеральных удобрений  $N_{60}P_{85}K_{65-90}$  на планируемый урожай 5 т/га, обработка семян Экором (гумат калия) – 2 л/т, Имидоклопридом + Тебуконазолом – 2 л/т против вредителей и болезней, в фазу бутонизации подкормка растений препаратами Экором и Ультрамагом Комби (2 л/га), обработка против вредителей и болезней Эсперо 0,15 л/га и Деларо – 1 л/га после цветения спустя две недели. Производитель препарата Экор – ООО «Ассет», всех остальных препаратов – компания АО «Щелково Агрохим».

Повторность опыта четырёхкратная. Размещение вариантов систематическое со смещением. Посевная площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, учётная – 9 м<sup>2</sup>. В течение вегетационного периода, кроме обработок согласно схеме опыта, в фазу пяти листьев гороха были внесены гербициды Корум 1,5 л/га + ДАШ 1,0 л/га. Хилер 1 л/га против двудольных и злаковых однолетних сорняков.

Почва четырёхпольного севооборота лаборатории тёмно-серая среднеокультуренная. Рельеф слабо выражен, склон северный.

Агрохимический анализ показал, что почва в севообороте слабо кислая – рН солевой вытяжки 4,9, обеспеченность легкогидролизуемым азотом низкая – 12,2-13,9 мг на 100 г почвы, содержание фосфора высокое – 16,5-19,8 мг, калия – от среднего до повышенного – 10,8-13,9 мг, гумуса содержалось 4,55-4,93%.

Посев гороха проводился рядовой сеялкой СКС-6-10 с нормой высева 1,2 млн. всхожих семян на 1 га. Изучались сорта гороха Ягуар и Эстафета селекции ФНЦ ЗБК. Ягуар относится к морфотипу «хамелеон», Эстафета – усатый сорт.

Уборка гороха проводилась прямым комбайнированием Nege Zum 150 в конце июля.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Погодные условия 2022-2024 гг. характеризовались холодной весной, в мае средняя температура воздуха была на 1,3-2,5°C ниже среднемноголетней. В летние месяцы (июнь-июль) в 2022 и 2024 годы было теплее обычного – температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 1,1-2,7°C, в 2023 г. было холоднее на 0,6-0,8°C. Осадков выпало на 7,1-31,2 мм меньше нормы. Благоприятные условия для посева в 2022 году сложились в середине первой декады мая (5.05), в 2023 году – в конце второй декады апреля (19.04), в 2024 году – 16.04. Период вегетации от посева до полной спелости в 2022 году составил 89 дней, в 2023 году – 103 дня и в 2024 году – 90.

Исследования показали, что сорт гороха Эстафета более устойчив к полеганию, чем Ягуар, показатели коэффициентов в 2022 и 2023 годы составили, соответственно 1,2 и 1,5 баллов, в 2024 году полегания не наблюдалось.

На удобренном фоне Ягуар в среднем за три года превзошёл Эстафету по урожайности

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (52) 2024 г. зерна на 0,15 т/га (таблица). В 2022 году прибавка урожая на неудобренном фоне составила 0,32-0,52 т/га по сравнению с контролем.

В 2023 и 2024 годы из-за недостатка в почве влаги минеральные удобрения практически не сработали и не обеспечили увеличения урожайности гороха.

Следует отметить, что протравливание семян пестицидами против вредителей и болезней совместно с обработкой Экором в меньшей степени сказались на увеличении урожая гороха (прибавка достигала 0,26-0,46 т/га), чем обработка пестицидами и микроудобрениями по вегетирующим растениям, когда рост продуктивности достигал 0,64-0,79 т/га по сравнению с контролем.

Таблица

**Урожайность гороха в зависимости от удобрений и средств защиты растений**

| Фон<br>Ф А                                           | №<br>п/п | Обработка семян и посевов<br>микроудобрениями и средствами<br>защиты растений, Ф В                                              | Урожайность, т/га |      |      |         | Прибавка |       |
|------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|------|---------|----------|-------|
|                                                      |          |                                                                                                                                 | 2022              | 2023 | 2024 | Средняя | Ф А      | Ф В   |
| Контроль (без<br>удобрений)                          | 1        | Ягуар, без обработки                                                                                                            | 3,21              | 3,02 | 1,64 | 2,62    | -        | -     |
|                                                      | 2        | Эстафета, без обработки                                                                                                         | 3,26              | 2,70 | 1,44 | 2,47    |          | -0,15 |
|                                                      | 3        | Ягуар, обработка семян, Имидоклоприд<br>+ Тебуконазол, Экор 2 л/т                                                               | 3,39              | 2,92 | 1,90 | 2,74    |          | +0,12 |
|                                                      | 4        | Эстафета, обработка семян,<br>Имидоклоприд + Тебуконазол, Экор 2<br>л/т                                                         | 3,28              | 3,02 | 1,68 | 2,66    |          | +0,19 |
| N <sub>60</sub> -P <sub>65</sub> K <sub>65</sub> -90 | 5        | Ягуар, обработка семян Имидоклоприд<br>+ Тебуконазол 2 л/т, обработка посевов<br>Эсперо+Деларо (0,15 + 1,0 л/га)                | 4,21              | 3,10 | 2,47 | 3,26    | -        | +0,64 |
|                                                      | 6        | Эстафета, обработка семян,<br>Имидоклоприд + Тебуконазол 2 л/т,<br>обработка посевов, Эсперо+Деларо (0,15<br>л/га + 1,0 л/га)   | 3,85              | 3,25 | 2,06 | 3,05    |          | +0,58 |
|                                                      | 7        | Ягуар, обработка семян, Имидоклоприд<br>+ Тебуконазол 2 л/т, дважды обр.<br>посевов Эсперо + Деларо, Ультрамаг<br>Комби, 2 л/га | 3,74              | 3,30 | 2,35 | 3,13    |          | +0,51 |
|                                                      | 8        | Эстафета, обработка семян,<br>Имидоклоприд + Тебуконазол 2 л/т, обр.<br>посевов Эсперо + Деларо, Ультрамаг<br>Комби, 2 л/га     | 3,73              | 3,12 | 2,42 | 3,09    |          | +0,62 |
|                                                      | 9        | Ягуар, обработка семян, Имидоклоприд<br>+ Тебуконазол обр. посевов<br>Эсперо+Деларо, Экор 2 л/т, дважды                         | 3,80              | 2,78 | 2,16 | 2,91    |          | +0,29 |
|                                                      | 10       | Эстафета, обработка семян,<br>Имидоклоприд + Тебуконазол 2 л/т, обр.<br>посевов Эсперо+Деларо, Экор 2 л/т,<br>дважды            | 4,07              | 3,20 | 2,26 | 3,18    |          | +0,71 |
| N <sub>60</sub> -P <sub>65</sub> K <sub>65</sub> -90 | 11       | Ягуар, без обработки                                                                                                            | 3,73              | 2,42 | 1,56 | 2,57    | -        | -0,05 |
|                                                      | 12       | Эстафета, без обработки                                                                                                         | 3,58              | 2,58 | 1,58 | 2,58    |          | +0,11 |
|                                                      | 13       | Ягуар, обработка семян, Имидоклоприд<br>+ Тебуконазол, Экор 2 л/т                                                               | 3,88              | 3,45 | 1,77 | 3,03    |          | +0,46 |
|                                                      | 14       | Эстафета, обработка семян:<br>Имидоклоприд + Тебуконазол, Экор                                                                  | 3,89              | 2,95 | 1,68 | 2,84    |          | +0,26 |
|                                                      | 15       | Ягуар, обработка семян: Имидоклоприд<br>+ Тебуконазол, обр. посевов дважды<br>Эсперо+Деларо                                     | 4,29              | 3,35 | 2,45 | 3,36    |          | +0,79 |
|                                                      | 16       | Эстафета, обработка семян:<br>Имидоклоприд + Тебуконазол, обр.<br>посевов дважды Эсперо+Деларо                                  | 4,05              | 2,90 | 1,98 | 2,98    |          | +0,40 |

|                   |                                                                                                         |      |      |      |      |       |       |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| 17                | Ягуар, обработка семян: Имидклоприд + Тебуконазол, обр. посевов Эсперо + Деларо Ультрамаг Комби         | 4,08 | 3,00 | 2,25 | 3,11 | +0,05 | +0,54 |
| 18                | Эстафета, обработка семян: Имидоклоприд + Тебуконазол, обр. посевов 2,54Эсперо + Деларо Ультрамаг Комби | 4,00 | 2,98 | 2,15 | 3,04 |       | +0,46 |
| 19                | Ягуар, обработка семян: Имидоклоприд + Тебуконазол, обр. посевов Эсперо+Деларо, Экор                    | 4,11 | 2,65 | 2,54 | 3,10 |       | +0,53 |
| 20                | Эстафета, обработка семян: Имидоклоприд + Тебуконазол, обр. посевов Эсперо+Деларо, Экор                 | 4,07 | 2,70 | 2,23 | 3,00 |       | +0,42 |
| НСР <sub>05</sub> | ФА                                                                                                      | 0,16 | 0,20 | 0,18 |      |       |       |
|                   | ФВ                                                                                                      | 0,38 | 0,44 | 0,42 |      |       |       |

### Заключение

По результатам трёхлетних исследований установлено, что сорт гороха Эстафета превосходит Ягуар по устойчивости к полеганию (коэффициенты составили соответственно 1,2 и 1,5 баллов). Внесение в почву минеральных удобрений было эффективным только в 2022 году, прибавка урожая составила 0,32-0,52 т/га, в 2023 и 2024 годы из-за недостатка влаги удобрения не сработали, наиболее интенсивным сортом показал себя Ягуар, в среднем за три года он превзошёл Эстафету на 0,15 т/га.

Протравливание семян пестицидами против болезней и вредителей совместно с обработкой Экором обеспечили увеличение урожая гороха на 0,26-0,46 т/га. Обработка пестицидами и микроудобрениями вегетирующих растений обеспечивали увеличение продуктивности гороха на 0,64-0,79 т/га по сравнению с контролем.

### Литература

1. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. DOI.10.24411/2309-348X-2020-11198.
2. Голопятов М.Т. Продуктивность сортов и линий гороха нового поколения при разных уровнях минерального питания // *Земледелие*. – 2014. – № 4. – С. 26-27.
3. Голопятов М.Т. Влияние минеральных удобрений, микроудобрений и биологически активных веществ на использование сортами гороха нового поколения питательных элементов почвы и удобрений // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – № 2. – С. 72-77. DOI.10.24411/2309-348X-2019-2-72-77.
4. Бударина Г.А. Вредные организмы гороха и приёмы оптимизации фитосанитарного состояния посевов. – Орёл, 2016. – 76 с.

### References

1. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Development of legumes and groat crops production in Russia based on the use of breeding achievements. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 4 (36), pp. 5-17. DOI.10.24411/2309-348X-2020-11198.
2. Golopyatov M.T. Productivity of new generation pea varieties and lines at different levels of mineral nutrition. *Zemledelie*, 2014, no. 4, pp. 26-27.
3. Golopyatov M.T. Effect of mineral fertilisers, microfertilisers and biologically active substances on the use of soil nutrients and fertilisers by new generation pea varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 2, pp. 72-77.
4. Budarina G.A. Pea pests and techniques to optimise the phytosanitary status of crops. Orel, 2016, 76 p.

## ГРЕЧИХА ТАТАРСКАЯ *FAGOPYRUM TATARICUM* – ЦЕННАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

**Г.Н. СУВОРОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-1432-8333;

E-mail: galina@vniizbk.ru

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

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** Гречиха татарская традиционно возделывается в высокогорных районах Гималайского региона и южном Китае, где она до недавнего времени являлась главной культурой и основным источником пищи для человека. Пищевые и культурные традиции, связанные с татарской гречихой, сохранились до настоящего времени у многих племен и народов. Высокое содержание фенольных веществ позволяет растениям выживать на больших высотах под воздействием ультрафиолетовой радиации. Преобладающим компонентом среди идентифицированных флавоноидов является рутин, которого в семенах гречихи татарской содержится в 100 раз больше, чем в зерне гречихи обыкновенной. Продукты произведенные из зерна татарской гречихи показали профилактический эффект против различных хронических заболеваний, включая ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, образование желчных камней, гипертонию. Промышленное производство функциональных продуктов питания из татарской гречихи развито в Китае. Популярна татарская гречиха в Японии, Корее, ряде стран Европы. В ФНЦ ЗБК создан первый в России сорт татарской гречихи Кураб, внесенный в Госреестр РФ в 2022 году.

**Ключевые слова:** гречиха татарская, рутин, кверцетин, флавоноиды, функциональные продукты.

**Для цитирования:** Суворова Г.Н., Зотиков В.И. Гречиха татарская *Fagopyrum tataricum* – ценная культура для функционального питания. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):39-45 . DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-39-45

## TARTARY BUCKWHEAT *FAGOPYRUM TATARICUM* IS A VALUABLE CROP FOR HEALTHY FOOD

**G.N. Suvorova, V.I. Zotikov**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** Tartary buckwheat is traditionally cultivated on high mountain hills of Himalayan region and southern China, where it was a major crop and a main human food until recently. Food and cultural traditions associated with Tartary buckwheat have been preserved to this day among many tribes and peoples. High level of phenolic compounds allows plants to survive on high altitude under the influence of UV radiation. Among all the identified flavonoids, rutin was determined as the most abundant compound, the content of which in seeds of Tartary buckwheat is of 100-fold higher compared to common buckwheat. Foods made from the grain of Tartary buckwheat have shown preventive effects against several chronic diseases, including obesity, cardiovascular diseases, gallstone formation, and hypertension. Industrial production of healthy foods from Tartary buckwheat has been developed in China. Tartary buckwheat is popular in Japan, Korea, some European countries. Tartary buckwheat variety Kurab created by the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops and released in 2022 has been the first in the Russian Federation.

**Keywords:** Tartary buckwheat, rutin, quercetin, flavonoids, healthy foods.

### Введение

Гречиха татарская *F. tataricum* Gaertn., наряду с гречихой обыкновенной *F. esculentum* Moench., представляют собой 2 культивируемых вида рода *Fagopyrum*. Гречиха татарская традиционно возделывается в горных районах Китая, Бутана, Северной Индии и Непала, где она до недавнего времени являлась главной культурой и основным источником пищи для человека [1]. В Европе татарскую гречиху культивируют в Люксембурге, прилегающих районах Бельгии и Германии. Она известна в Словении, Италии, Боснии и Герцеговине. Выращивается также в Корее и Японии [2].

Гречиха татарская в отличие от гречихи обыкновенной является самоопыляющейся культурой, имеет мелкие гомостильные цветки, мелкие семена различной формы и окраски. Она более устойчива к холоду и неблагоприятным условиям и может расти на бедных каменистых почвах (рис. 1). Высокое содержание фенольных веществ позволяет растениям выживать на больших высотах под воздействием ультрафиолетовой радиации [3].



Рис. 1. Татарская гречиха в Китайской Народной Республике

Считается, что татарская гречиха проявляет большую эффективность для защиты здоровья человека и большую адаптивность к высокогорным условиям, чем обыкновенная гречиха. Согласно классической китайской медицине татарская гречиха обладает такими полезными для здоровья свойствами как успокоение ума, укрепление сердца, противовоспалительное действие, способность снижать вес [4].

В данном обзоре представлено описание традиций и обычаев высокогорных народов, выращивающих татарскую гречиху, ее медицинское значение, современное состояние производства из нее функциональных продуктов питания.

### Традиционная культура гречихи татарской

Данные геномных исследований предполагают считать Гималайские горы местом происхождения гречихи татарской. Будучи одной из самых молодых высокогорных цепей в мире, Гималаи имеют уникальные климатические условия, вызванные большим перепадом высот, что привело к обильному разнообразию растений. Около 3 – 4 тысяч лет назад, возможно с миграцией народа Yi с Тибета в провинцию Sichuan, татарская гречиха распространилась с Гималаев в юго-западный Китай. С расширением Монгольской империи татарская гречиха попала в Европу и распространилась по всему миру [4]. Существует мнение, что Yi национальность, этническое меньшинство юго-западного Китая, были первым народом, возделывавшим татарскую гречиху, и где она традиционно считалась основным продуктом питания. Согласно летописям предки данного народа пришли «из-за пределов поля яков», что позволяет предположить их миграцию с Гималаев [4].

Как и другие сельскохозяйственные культуры гречиха татарская эволюционировала в культурную гречиху в процессе развития истории народа. На высоте 2000 м, где фертильная почва, холодный климат, солнечный свет, осадки и влажный воздух, Yi народ превратил дикую гречиху в культурную [5].

С древних времен татарская гречиха интегрировалась в жизнь народа Yi. Она широко используется в различных ритуалах, начиная с рождения ребенка, наречения имени, совершеннолетия, свадеб и похорон. Она также используется в сезонных ритуалах в сельском хозяйстве, связанном с безопасностью, высоким урожаем, а также здоровьем, деторождением [6]. Народ Yi потребляет татарскую гречиху в ежедневном питании в различном виде, как семена или муку, из которой делают тесто, пекут хлеб. Также делают вино, чай, лапшу, печенье [5, 6]. Считается, что народ Yi не имеет болезней, связанных с современным образом жизни [7]. В народе есть много поговорок, в частности «Девушки Yi имеют черные волосы, белоснежные зубы, здоровые и очень живые». В настоящее время много людей мигрировало с гор в долину и сменили в своем питании татарскую гречиху на рис и пшеницу. Однако на праздники, все ритуалы и церемонии они не забыли правила своих предков использовать татарскую гречиху [5].

Гречиха одна из главных культур высокогорных районов Непала. Она имеет социально-культурное и экономическое значение. Используется как еда, алкогольные напитки, в медицинских целях, как корм для животных, топливо и удобрения. Согласно индуисткой традиции гречиху, наряду с просом, сорго, чумизой относили к группе плохих злаков. Эти культуры выращивались и поддерживались в основном народами Тибето-Бирманского происхождения, включая шерпов [8].

Народность шерпы мигрировали из Восточного Тибета в Непал между 12 и 14 веками. Высокогорные шерпы ведут самостоятельное сельское хозяйство, выращивая сельскохозяйственную продукцию и разводя домашних животных. На высоте 3500 – 4000 м они выращивают татарскую гречиху и картофель. Татарская гречиха в высокогорных районах накапливает большое количество антиоксидантов, ее потребление улучшает кровообращение у народа шерпы, что может быть одной из причин их выносливости. Кроме того шерпы кормят татарской гречихой яков, которые перевозят грузы на высоте 4000 м, считается что это любимая пища яков. Несмотря на то, что культурная трансформация происходит и с шерпами, традиции питания сохранились ими через сотни лет. Так, например, традиционный завтрак шерпов включает чай с маслом яков и татарскую гречиху, то же что было в Тибете [7].

Татарская гречиха является уникальной культурой, выращиваемой в районах высокогорных Гималаев в Индии. Она обеспечивает продовольственную безопасность многих горных племен и стала частью богатого разнообразия племенной культуры и пищевых привычек. Зерно татарской гречихи используется в пищу в виде муки, также используются зеленые листья. Это древнее суперзерно являлось неотъемлемой частью всех церемоний, торжеств, религиозных ритуалов, которые составляют богатое культурное наследие бедных трудолюбивых людей, живущих в гармонии с природой. К сожалению, с развитием цивилизации происходят изменения в методах ведения сельского хозяйства и предпочтение отдается более прибыльным культурам [9].

#### **Биохимический состав и фармакологические свойства**

Гречиха татарская благодаря наличию биоактивных веществ выживает на высоких широтах под воздействием сильной ультрафиолетовой радиации. Разнообразие и высокое содержание фенольных соединений защищают растения от вредных воздействий среды, болезней, поедания животными. Эти же вещества имеют большую ценность для сохранения здоровья человека [3].

В настоящее время из разных частей растений были выделены различные биоактивные вещества, включая флавоноиды, фенольные кислоты, тритерпеноиды, стероиды, фенилпропаноидные гликозиды, биоактивные полисахариды, белки, пептиды. Преобладающим компонентом среди идентифицированных флавоноидов является рутин, содержание которого составляет 90% от всех фенольных соединений [10].

Биоактивные вещества находятся во всех частях растения татарской гречихи, в зерне, цветках, листьях, корнях. Зерно татарской гречихи содержит 0,8-2,9% рутина, листья от 0,1% у молодых до 3,4% у взрослых, проростки от 0,3 до 2,5% [3]. Следует подчеркнуть, что семена татарской гречихи содержат в 100 раз больше рутина, чем обычной гречихи [11].

Флавоноиды представляют особый интерес для использования в пищевых продуктах, благодаря их антиоксидантным свойствам и потенциалу предотвращать усталость, сахарный диабет, окислительный стресс и нейродегенеративные заболевания [3].

Особенностью татарской гречихи является ее горький вкус, обусловленный активностью фермента рутинозидазы, которая при взаимодействии с водой гидролизует рутин с образованием кверцетина горького вкуса [2]. Традиционно крестьяне избавлялись от горького вкуса татарской гречихи, либо опуская крупу в горячую воду, либо замачивая на ночь и сливая воду [12]. В современных условиях прогревание паром зерна в течение 90 секунд способно разрушить фермент [2]. Одним из способов избавиться от горького вкуса татарской гречихи может быть создание сортов с низким уровнем гидролитического фермента. Новый сорт татарской гречихи «Manten-Kirari», мука из семян которого содержит только следы рутинозидазы, был выведен японскими учеными с использованием генетических ресурсов Непала [11].

Содержание белка в зерне татарской гречихи может составлять 11,1-12,8 %, что несколько ниже, чем в зерне обычной гречихи, хотя аминокислотный состав одинаково сбалансирован у обоих видов [13]. Взаимодействие белка и полифенолов снижает перевариваемость белка, таким образом, белок гречихи может понижать уровень холестерина за счет выведения стероидов, которые связываются с неперевариваемым белком [2]. Флавоноиды могут также связываться с молекулами крахмала, увеличивая долю энзимрезистентного крахмала, который становится частью диетических волокон и действует как пребиотик.

Продукты произведенные из зерна татарской гречихи показали профилактический эффект против различных хронических заболеваний, включая ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, образование желчных камней, гипертонию. Эти эффекты обусловлены наличием резистентного крахмала, белка, фенольных веществ и их взаимодействием [2].

#### **Функциональные продукты из гречихи татарской**

Различные продукты из татарской гречихи стали популярны в современном Китае после того как китайские ученые заново оценили питательную и функциональную ценность данной культуры. Производство продуктов из татарской гречихи изменилось от домашнего семейного приготовления до промышленного производства. Среди промышленно производимых продуктов – крупа, мука, паста, хлеб, бисквиты, сладости, уксус, вино и чай [14].

В 2021 году более 210 типов традиционных продуктов, оздоровительных напитков, фармацевтических составов были зарегистрированы Национальным управлением интеллектуальной собственности Китая. Среди различных авторизованных продуктов функциональным ингредиентом является мука из татарской гречихи. Из зарегистрированных продуктов 28% составляют различные виды оздоровительного чая, 20% – пива или вина [10]. Более 30 крупных предприятий производят чай из татарской гречихи (рис. 2).



*Рис. 2. Директор перерабатывающей фабрики демонстрирует чай из татарской гречихи делегации ФНЦ ЗБК (2-й слева к.с.х.н. В.С. Сидоренко, 1-й справа д.с.х.н. В.И. Зотиков), провинция Gansu, КНР, 2015 г.*

В центральной части Европы типичным продуктом из гречихи является хлеб, его делают как из татарской так и из обычной гречихи с добавлением пшеничной муки. В странах Восточной Европы употребляют кашу из обрушенного зерна обычной и татарской гречихи [3]. Семейная мельница Рангусов в Словении в течение столетий производит муку, крупу, кус кус и пасту специально из обычной и татарской гречихи. Это единственное предприятие в Европе, которое производит обрушенную крупу из татарской гречихи [15]. Образовательный центр Словении Piramida Maribor разработали множество продуктов включающих как компонент татарскую гречиху, различные виды хлеба, пирогов, кондитерских изделий (рис. 3, 4), пасты, а также шоколад и мороженое с добавлением татарской гречихи [16]. Авторам данной статьи приходилось дегустировать различные продукты, включая мороженое. Мороженое с добавлением татарской гречихи имеет фисташковый привкус. Гречиха татарская популярна в Японии и Корее.

В Российской Федерации татарская гречиха до недавнего времени была неизвестна сельхозпроизводителям. Некоторые компании производят чай из татарской гречихи с использованием китайского сырья. В Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур впервые в России создан сорт татарской гречихи Кураб [17], внесенный в Госреестр в 2022 году.





*Рис. 3 Продукты из татарской гречихи в Словении*



*Рис.4. Сотрудники центра Piramida Maribor проводят мастер класс по приготовлению продуктов из татарской гречихи (2-й слева д.с.х.н. В.И. Зотиков), Словения, 2013 г.*

### **Заключение**

Гречиха татарская на протяжении столетий оставалась важной культурой и источником питания для высокогорных племен и народов Гималайского региона. Благодаря наличию биологически активных веществ фенольной природы защищающих от вредного воздействия ультрафиолетовой радиации татарская гречиха смогла выжить в экстремальных условиях высоких широт. Эти же вещества оказывают положительное влияние на здоровье человека, оказывая профилактический эффект против многих хронических заболеваний. Использование татарской гречихи при производстве пищевых продуктов делает их функциональными продуктами питания, способными улучшить качество жизни современного человека.

***Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGZZ-2022-0005.***

### Литература/References

1. Ohnishi O. Geographical distribution of allozymes in natural populations of wild tartary buckwheat // *Fagopyrum*. – 2000. - № 17. – P. 29-34
2. Luthar, Z.; Golob, A.; Germ, M.; Vombergar, B.; Kreft, I. Tartary Buckwheat in Human Nutrition // *Plants*. – 2021. - 10, 700. <https://doi.org/10.3390/plants10040700>
3. Kreft, I.; Germ, M.; Golob, A.; Vombergar, B.; Vollmannová, A.; Kreft, S.; Luthar, Z. Phytochemistry, Bioactivities of Metabolites, and Traditional Uses of *Fagopyrum tataricum* // *Molecules*. – 2022. - 27, 7101. <https://doi.org/10.3390/molecules27207101>
4. He Y., Zhang K., Shi Y. et. al. Genomic insight into the origin, domestication, dispersal, diversification and human selection of Tartary buckwheat // *Genome Biology*. – 2024. – P. 25:61. <https://doi.org/10.1186/s13059-024-03203-z>
5. Lin, R., Inasawa, T., Sun, Y. Tartary Buckwheat Food Culture of Yi Nationality // Proc. 11<sup>th</sup> Int. Symp. Buckwheat. - Orel. – 2010. - P. 540-544.
6. Song Y., Dong Y., Wang J., Feng J., Long C. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) landraces cultivated by Yi people in Liangshan, China // *Genet Resour Crop Evol*. – 2020. – 67. - P.745–761. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00852-z>
7. Kano, M., Kizaki, T., Inasawa, T. The State of Cultivating Tartary Buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) and its Traditional Dishes along Everest Trekking Route, Nepal // Proc. 9<sup>th</sup> Int. Symp. Buckwheat. – Prague. - 2004. - P.547-552.
8. Baniya B.K., Dongol D.M.S., Joshi B.K., Sharma D.R. Indigenous Cultural Practices and Social Perception for Conservation of Buckwheat Diversity in Nepal // Proc. 9<sup>th</sup> Int. Symp. Buckwheat. – Prague. - 2004. - P.285-290.
9. Kumar R. Tartary Buckwheat Cultivation In Kinnaur District: A Potential Path For Bio-Diversity And Sustainable Development // *IJCRT*. 2023. – Vo. 11, Issue 12. P 29-35.
10. Zou L., Wu D., Ren G. et. al. Bioactive compounds, health benefits, and industrial applications of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2021. DOI:10.1080/10408398.2021.1952161
11. Suzuki T., Morishita T., Mukasa Y., Takigawa S., Yokota S., Ishiguro K., Noda T. Breeding of ‘Manten-Kirari’, a non-bitter and trace-rutinosidase variety of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) // *Breeding Science*. -2014. – 64. – P. 344–350. doi:10.1270/jsbbs.64.344
12. Joshi B. K. Farmers’ Knowledge on and On-station Characterization of Bhate Phaper (Rice Tartary Buckwheat) // *Nepal Agric. Res. J*. – 2014. - Vol. 14. – P. 44-52.
13. Aubert, L., Decamps, C., Jacquemin, G., Quinet, M. Comparison of Plant Morphology, Yield and Nutritional Quality of *Fagopyrum esculentum* and *Fagopyrum tataricum* Grown under Field Conditions in Belgium // *Plants*. – 2021. - 10, 258. <https://doi.org/10.3390/plants10020258>
14. Lin R. The Development and Utilization of Tartary Buckwheat Resources // Proc. 9<sup>th</sup> Int. Symp. Buckwheat. - Prague. - 2004. - P. 252-258.
15. Rangus Grubar N., Rangus N., Rangus N., Rangus A. Mill Rangus Tartary Buckwheat Products // Proc. 15<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat “Buckwheat For Health”. – Poland. - 2023. – P. 79.
16. Vombergar B., Horvat M., Vorih S., Pem N. New trends in preparing buckwheat dishes in Slovenia // *Fagopyrum*. – 2021. – 38(2). -P. 35-42.
17. Fesenko N.N., Fesenko I.N., Glazova Z.I. *Fagopyrum tataricum* Gaertn.—A New Cultivated Buckwheat for Russia (Characteristics of a New Variety ‘Kurab’) // Popkova, E.G., Polukhin, A.A., Ragulina, J.V. (eds) Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security. ISC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. - 2022. - Vol 372. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-93155-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93155-1_12)

## ПОЛИМЕРНЫЕ ГЕНЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДЛИНЫ ПЕСТИКА ДЛИННОСТОЛБЧАТОЙ ФОРМЫ *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.

**Н.Н. ФЕСЕНКО**, кандидат биологических наук

E-mail: fesenko.n.n@rambler.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** В статье представлен детальный анализ наследования двух Гк-форм (гомостилия с коротким пестиком и короткими тычинками) *Fagopyrum esculentum*, тип цветка которых контролируется полимерными генами. Качественный анализ расщеплений был дополнен количественным (метод Н.А.Соболева). Выявлено 4 гена-модификатора: длинностолбчатая (Д) форма несет плюс-аллели всех четырех генов; Гк-фенотип определяется гомозиготой по как минимум двум минус-аллелям. Два из этих генов-модификаторов сцеплены с рецессивным аллелем *s*. Эти полимерные гены формируют генетический фон для локуса гетеростилии. Минус-аллели присутствуют в популяциях в небольшой концентрации, и получают селективное преимущество только в случае вынужденного самоопыления или скрещиваний между растениями с одинаковым типом цветка.

**Ключевые слова:** гречиха, гетеростилия, гомостилия, *Fagopyrum esculentum*.

**Для цитирования:** Фесенко Н.Н. Полимерные гены, регулирующие изменчивость длины пестика длинностолбчатой формы *Fagopyrum Esculentum* Moench. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):46-50. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-46-50

## POLIMERIC GENES REGULATING STYLE LENGTH VARIABILITY WITHIN PIN MORPH OF COMMON BUCKWHEAT *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.

**N.N. Fesenko**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** The article presents a detailed analysis of the inheritance of two SH-morphs (homostyly with the short pistil and short stamens) of *Fagopyrum esculentum*, the flower type of which is controlled by polymeric genes. The qualitative analysis of the segregations was supplemented by a quantitative one (by N.A. Sobolev's approach). Four modifier genes were identified: the long-styled (pin) morph carries plus-alleles of all four genes; a HS-phenotype is determined by minus-alleles at least in two loci. Two of these modifier genes are linked to the recessive allele *s*. These polymeric genes form a genetic background for the heterostyly locus (*S*). Minus alleles are present in populations in small doses and get a selective advantage under conditions of forced self-pollination or crossing between plants of the same flower type.

**Keywords:** buckwheat, heterostyly, homostyly, *Fagopyrum esculentum*.

Гречиха обыкновенная (*Fagopyrum esculentum* Moench.) перекрестноопылитель с гетероморфной системой несовместимости (гетеростилией): популяции состоят из растений с длинностолбчатыми (длинный пестик, короткие тычинки, мелкая пыльца) и короткостолбчатыми (короткий пестик, длинные тычинки, крупная пыльца) цветками, результативные скрещивания в норме возможны только между разными формами, т.е. Д × К или К × Д. Самоопыление или скрещивания в пределах одной формы, как правило, малоэффективны. Способность к результативному самоопылению обычно связана с

мутациями, определяющими гомостильный тип цветка (пестик и тычинки сопоставимой длины). Возникновение таких форм может быть связано как с мутациями в локусе гетеростилии, так и с изменениями генетического фона.

Массовое самоопыление гречихи позволило выделить две гомостильные линии полигенной природы с короткими пестиком и тычинками (Гк): форма 'Pennline 10' (в нашей классификации – Гк2) [1] и форма Гк1 [2]. В комбинации Гк × Д обе формы наследуются сходным образом: обе рецессивны к Д-типу в F1, в F2 в обоих случаях наблюдается расщепление по двум генам [3-4]. Однако есть и различия. Так, гены, укорачивающие пестик Гк1, проявляются и в F1 Гк1 × Д: гибриды F1 имеют укороченный Д-пестик. Гибриды F1 Гк1 × Гк2 имели полудлинностолбчатый тип цветка (частично восстановлен дикий тип), т.е. гены, укорачивающие пестик форм Гк1 и Гк2, неаллельны [3-4].

Обе линии самофертильны, но между ними есть различия. Очень короткий пестик Гк1 одинаково совместим с крупной (thrum) и мелкой (pin) пылью (универсальная совместимость) [5]. Пыльца Гк1 мелкая, типичная для Д-типа (таблица 2). Ее совместимость также типична для пылицы Д-типа. Пестик формы Гк2 длиннее, чем у Гк1, и его совместимость с крупной пылью короткостолбчатой (К) формы была в 2 раза выше, чем с мелкой пылью Д-формы [5]. Пыльца Гк2 была в  $(28,1 : 20,4) = 1,38$  раза крупнее, чем у стандартных длинностолбчатых растений сорта Богатырь, но мельче в  $(48,7 : 28,1) = 1,73$  раза, чем пыльца стандартных короткостолбчатых растений. Пыльца почти такого же размера была обнаружена у одного из пяти исследованных растений длинностолбчатой популяции Полесская. Поскольку «увеличенный» размер позволяет пыльце преодолеть длинный пестик, этот признак должен был быть подхвачен естественным отбором в условиях самоопыления или иллегитимного опыления длинностолбчатых растений [5]. Увеличенный размер пылицы линии Гк2 частично наследуется гибридами F1 с ее участием, что является причиной высокой самосовместимости таких гибридов с длинностолбчатыми цветками. Средняя завязываемость семян при самоопылении Д-растений F1 в наших полевых опытах составила  $425 \pm 75$  (lim=22...946) в комбинации Гк2 × Д, и  $353 \pm 86$  (lim=20...782) – в скрещивании К × Гк2. Завязываемость семян при самоопылении короткостолбчатых гибридов F1 (комбинация К × Гк2) была в 7-8 раз меньше:  $55 \pm 13$  (lim=6...106) [5]. Таким образом, линия Гк2 является эффективным донором самофертильности для длинностолбчатых гибридов. Ее автор получил на ее основе ряд линий, различающихся по комбинационной способности [1].

Цель исследований - детальный анализ наследования рецессивной (по отношению к длинностолбчатому (Д) типу) полигенной гомостилии форм Гк1 и Гк2.

### Материал и методы

#### *Растительный материал*

«Рецессивные» гомостильные линии с короткими пестиком и тычинками (Гк = короткая гомостилия):

- линия Гк1 была выделена в I2 при самоопылении растений сорта Богатырь [2]. Она имеет примерно одинаковую (короткую) длину пестика и тычинок;
- линия Гк2 была выделена при повторном самоопылении длинностолбчатых растений [1]; автор назвал ее «гомоморфной», так как рыльца ее пестика находятся немного выше уровня тычинок.

Гомостильная форма Гд1 с длинными тычинками и пестиков, выделенная Ф.Е. Замяткиным [6].

#### *Генетический анализ расщепления по количественному признаку*

Средние значения признака у родительских форм (P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub>) и гибридов (F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>) определяли экспериментально. Меры доминирования и эпистаза, а также приблизительное число генов, участвующих в расщеплении, рассчитывали по следующей схеме [7]:

$X_a$  - средняя арифметическая родителей,  $X_a = 0,5(P_1 + P_2)$ ;

$C_1$  – сумма компонентов генетических взаимодействий в F<sub>1</sub>,  $C_1 = F_1 - X_a$ ;

$C_2$  – сумма компонентов генетических взаимодействий в F<sub>2</sub>,  $C_2 = F_2 - X_a$ ;

$d_1$  – компонента доминирования в F<sub>1</sub>,  $d_1 = 4C_2 - C_1$ ;

$d_2$  – компонента доминирования в  $F_2$ ,  $d_2=0,5d_1$ ;  
 $f_1$  – компонента эпистаза в  $F_1$ ,  $f_1=2C_1-4C_2$ ;  
 $f_2$  – компонента эпистаза в  $F_2$ ,  $f_2=0,25f_1$ ;  
 $a'$  – полуразность между родительскими формами (в идеальном случае, когда все минус-аллели сосредоточены у  $P_2$ , эта величина равна аддитивной компоненте  $a$ ),  $a'=0,5(P_1-P_2)$ ;  
 $D$  – мера доминантности,  $D=d_1/a'$ ;  
 $E$  – мера эпистаза,  $E=f_1/a'$ ;  
 $N$  – приблизительное число генов, участвующих в расщеплении,  
 $N = \alpha'(\alpha' + |d_2| + |f_2|)/2 \sigma_g^2$ ,  
 где  $\sigma_g^2$  – генетическая дисперсия в  $F_2$ .  
 $\sigma_g^2 = \sigma_{F_2}^2 - \sigma_e^2$ ;  $\sigma_e^2 = \sigma_{F_1}^2$ , or  $(\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2) : 2$ , или  $F_2^2 \times (Cv^2_{P_1} + Cv^2_{P_2} + Cv^2_{F_1}) : 3$ , где  $Cv$  – коэффициент вариации,  $Cv = \sigma : X$ .

### Результаты и обсуждение

Количественные характеристики цветков родительских форм и гибридов представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Фенотипы родительских форм и гибридов по длине пестика и тычинок

| Родительская форма, гибрид | Поколение      | Длина пестика |           | Длина тычинок внутреннего круга |           | Длина тычинок внешнего круга |           |
|----------------------------|----------------|---------------|-----------|---------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
|                            |                | n             | X         | n                               | X         | n                            | X         |
| Д                          |                | 50            | 2,58±0,02 | 85                              | 1,59±0,02 | 127                          | 1,45±0,02 |
| Гк1                        |                | 50            | 1,49±0,02 | 85                              | 1,65±0,01 | 128                          | 1,48±0,02 |
| Гк2                        |                | 50            | 1,91±0,02 | 88                              | 1,69±0,01 | 132                          | 1,45±0,01 |
| Гк1 × Гк2                  | F <sub>1</sub> | 50            | 2,20±0,02 | 88                              | 1,65±0,02 | 143                          | 1,45±0,01 |
|                            | F <sub>2</sub> | 389           | 2,10±0,01 | 346                             | 1,70±0,01 | 533                          | 1,46±0,01 |
| Гк1 × Д                    | F <sub>1</sub> | 60            | 2,36±0,02 | 176                             | 1,63±0,01 | 225                          | 1,57±0,01 |
|                            | F <sub>2</sub> | 116           | 2,26±0,03 | 330                             | 1,70±0,01 | 417                          | 1,55±0,01 |
| Гк2 × Д                    | F <sub>1</sub> | 50            | 2,64±0,03 | 84                              | 1,76±0,02 | 134                          | 1,60±0,01 |
|                            | F <sub>2</sub> | 296           | 2,31±0,01 | 341                             | 1,59±0,01 | 525                          | 1,46±0,01 |

Анализ полигенного расщепления проведен по признаку «длина пестика» на гибридах исследуемых форм с нормальной длинностолбчатой формой и между собой. Его результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

#### Результаты генетического анализа количественных различий по длине пестика

| Комбинация | Длина пестика (средняя), мм |                |                |                | D     | E     | $\sigma_g^2$ , мм <sup>2</sup> | Число генов |
|------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-------|-------|--------------------------------|-------------|
|            | P <sub>1</sub>              | P <sub>2</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> |       |       |                                |             |
| Гк1 × Д    | 1,49                        | 2,58           | 2,36           | 2,26           | 1,06  | -0,46 | 0,032                          | 4           |
| Гк2 × Д    | 1,91                        | 2,58           | 2,64           | 2,31           | -0,40 | 1,58  | 0,025                          | 4           |
| Гк1 × Гк2  | 1,49                        | 1,91           | 2,20           | 2,10           | 5,24  | -2,86 | 0,037                          | 3           |

P – родительские формы, F – гибриды, D – мера доминантности, E – мера эпистаза,  $\sigma_g^2$  – генотипическая дисперсия.

Различия в длине пестика между гомостильными линиями Гк1 и Гк2, а также длинностолбчатой (Д) формой, определяются полимерными генами. Показаны различные способы генетических взаимодействий в комбинациях Гк1 × Д и Гк2 × Д (таблица 4). Следовательно, полимерные гены, укорачивающие пестик линии Гк1, иные, чем у линии Гк2. Более того, в комбинации Гк1 × Гк2 у гибридов F<sub>1</sub> наблюдалось частичное восстановление дикого типа (длинный пестик и Д-тип цветка). Это также указывает на то, что

взаимодействующие гены неаллельны. Но почему количественный анализ комбинации Гк1 × Гк2 показал преобладание аллельных взаимодействий (сверхдоминирование)? Это ошибка? Нет. Статистический эффект сверхдоминирования здесь явно указывает на локализацию комплементарных генов в гомологичных хромосомах: благодаря сцеплению вместо отдельных полимерных генов-модификаторов (m1, m2 и т.д.) в расщеплении участвует группа сцепления (суперген).

Сцепление полимерных генов-модификаторов с локусом гетеростилии (S).

Линия Гд1 [6] имеет морфотип цветка Гд (длинная гомостилия), который определяется мутантным аллелем S-локуса: направление доминирования: К > Гд > Д [4]. Это глубоко инбредная линия с мелкими цветками. Гибриды F1 в комбинациях Д × Гд1, Гк1 × Гд1 и Гк2 × Гд1 были гомостильными (Гд – тип). В F2 всех скрещиваний наблюдалось расщепление 3 (длинные тычинки) : 1 (короткие тычинки). Расщепление перекрывалось с расщеплением по длине пестика, которое было хорошо заметно в скрещивании Гк1 × Гд1, менее заметно в скрещивании Гк2 × Гд1, и практически незаметно в комбинации Д × Гд1. Сцепление полимерных генов-модификаторов с S-локусом оценивалось путем сравнения средних значений длины столбика двух «качественных» классов, т.е. растений с длинными и короткими тычинками (табл. 3).

Таблица 3

**Сравнительный анализ длины пестика растений с короткими (генотип ss) и длинными тычинками в гибридной популяции**

| Гибриды                  | Длина пестика, мм, X±m                          |                                                  | X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub> | t    | P     |
|--------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|------|-------|
|                          | Растения с длинными тычинками (X <sub>1</sub> ) | Растения с короткими тычинками (X <sub>2</sub> ) |                                |      |       |
| F <sub>2</sub> Гк1 × Гд1 | 1,99±0,02                                       | 1,83±0,04                                        | 0,16                           | 3,57 | 0,001 |
| F <sub>3</sub> Гк1 × Гд1 | 2,03±0,03                                       | 1,72±0,04                                        | 0,31                           | 6,20 | 0,001 |
| F <sub>2</sub> Гк2 × Гд1 | 2,27±0,01                                       | 2,17±0,02                                        | 0,10                           | 4,47 | 0,001 |
| F <sub>2</sub> Гд1 × Гк2 | 2,28±0,01                                       | 2,21±0,02                                        | 0,07                           | 3,13 | 0,05  |
| F <sub>2</sub> Д × Гд1   | 2,46±0,03                                       | 2,55±0,04                                        | -0,09                          | 1,80 | 0,1   |

В комбинациях Гк1 × Гд1 и Гк2 × Гд1 различия были высоко значимыми (таблица 3). Таким образом, обе изученные Гк-линии несут полимерные гены, укорачивающие пестик, сцепленные с рецессивным аллелем s (признак – короткие тычинки).

Эта группа сцепления имеет структуру s/m1/m2: одна из Гк-линий несет супераллель s/m1-/m2+, другая линия – супераллель s/m1+/m2-, стандартные Д-растения – супераллель s/m1+/m2+. Следовательно, генотип F1 (Гк1 × Гк2) гетерозиготен ss/m1-m1+/m2+m2-, что обеспечивает статистический эффект сверхдоминирования при количественном анализе. Другим эффектом расщепления по этому супергену является увеличение генетической дисперсии в F2 Гк1 × Гк2 по сравнению с комбинациями Гк1 × Д и Гк2 × Д (таблица 2).

**Заключение**

У гречихи выявлено четыре сильных модификатора, влияющих на длину пестика рецессивной гомозиготы ss, два из которых сцеплены с рецессивным аллелем s. Не мутантные плюс-аллели этих генов определяют развитие длинностолбчатого (Д) морфотипа у гомозиготы ss. Мутантные минус-аллели определяют фенотип рецессивных (по отношению к длинностолбчатости) гомостильных форм с короткими тычинками и пестиком.

**Литература**

1. Marshall H.G. Isolation of self-fertile homomorphic forms in buckwheat *Fagopyrum sagittatum* Gilib. Crop Science. – 1969. – V. 9. – P. 651-653.
2. Фесенко Н.В., Антонов В.В. Новая гомостильная форма гречихи. Бюлл. ВНИИЗБК. – 1973. – Вып. 5. — С. 12-14.
3. Фесенко Н.Н. О природе короткостолбчатых гомостильных форм у гречихи. Бюлл. ВНИИЗБК. – 1978. – Вып.23. – С.14-17.

4. Fesenko N.N. The system of buckwheat reproduction: three types of flower homostyly inheritance. Proc. 4th Intl. Symp. Buckwheat at Orel. –1989. –V. 1. – P. 193-201.
5. Fesenko N.N. Morphological factor in the system of compatibility- incompatibility of *Fagopyrum esculentum* Moench. Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina. – 1995. – V. 1. – P. 463-468.
6. Замяткин Ф.Е. Самоопыляющаяся гречиха. В кн.: Селекция генетика и биология гречихи. Орел, 1971. С.103-111.
7. Соболев Н.А. Генетический анализ количественных признаков. Цитология и генетика. – 1976. – Т. 10. – С. 424-436.

#### References

1. Marshall H.G. Isolation of self-fertile homomorphic forms in buckwheat *Fagopyrum sagittatum* Gilib. *Crop Science*, 1969, V. 9, pp. 651-653.
2. Fesenko N.V., Antonov V.V. A new homostylous morph of buckwheat. *Bull. VNII ZBK*, 1973, V. 5, pp. 12-14. (In Russian)
3. Fesenko N.N. On the nature of short-styled homostylous forms of buckwheat. *Bull. VNIIZBK*, 1978, V. 23, pp. 14-17. (in Russian)
4. Fesenko N.N. The system of buckwheat reproduction: three types of flower homostyly inheritance. Proc. 4<sup>th</sup> Intl. Symp. Buckwheat at Orel, 1989, V. 1, pp. 193-201.
5. Fesenko N.N. Morphological factor in the system of compatibility- incompatibility of *Fagopyrum esculentum* Moench. Proc. 6<sup>th</sup> Intl. Symp. Buckwheat at Ina, 1995. vol. 1: 463-468.
6. Zamyatkin F.E. Self-pollinated buckwheat. In: *Selektsiya, genetika I biologiya grechikhi*. Orel, 1971. pp.103-111. (in Russian)
7. Sobolev N.A., Genetic analyses of quantitative traits. *Cytology and Genetics*, 1976, V. 10, pp. 424-436. (in Russian)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ СОИ ОТ СЕМЕННОЙ И ПОЧВЕННОЙ ИНФЕКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Г.А. БУДАРИНА, кандидат сельскохозяйственных наук

E-mail: budarinagalina61@mail.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** В статье отражены результаты трехлетних исследований по определению эффективности биопрепаратов и их комплексного применения с фунгицидами в борьбе с основными болезнями сои. В результате исследований выявлена высокая (100%) против патогенной (*Fusarium spp.*) и сапротрофной (*Alternaria spp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*) микофлоры семян и корневых гнилей биологическая эффективность предпосевной обработки сои протравителем Гераклион, КС, в полной и сниженной на 50,0% норме применения в сочетании с биопрепаратами Витаплан, СП и Трихоцин, СП. Данные приемы позволяют снять ингибирующее действие фунгицида на посевные качества сои, увеличив энергию прорастания на 3,8; 3,1%, лабораторную всхожесть – на 1,1; 3,8% по сравнению с химическим препаратом Гераклион, КС, снизить развитие корневых гнилей на 52,2; 55,2% в фазу бутонизация, на 47,6; 56,7% в фазу плодообразование – налив, повысить урожайность на 10,7%.

Показана эффективность (97,0; 39,7%) и возможность применения биопрепаратов Витаплан, СП и Трихоцин, СП для обработки семян и посевов сои против пероноспороза при условии низкого и среднего уровня развития болезни. Отмечена экологическая значимость изучаемых биопрепаратов и перспективность их двукратного применения на сое в чистом виде и в комплексе с фунгицидом Вендетта, КС, 0,4л/т, обеспечивающего высокую (эффект. 82,0; 83,6% - цветение; 49,6; 57,4% - плодообразование) защиту посевов от пероноспороза и сохранение в среднем за 3 года 0,3 т/га или 10,7% урожая.

**Ключевые слова:** соя, сорт, патогены, фитоэкспертиза, протравители, биопрепараты, энергия прорастания, всхожесть, корневые гнили, биологическая эффективность, урожайность.

**Для цитирования:** Бударина Г.А. Оптимизация защиты сои от семенной и почвенной инфекций в условиях юга Нечерноземья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024, 4(52):51-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-51-58

## OPTIMIZATION OF SOYBEAN PROTECTION AGAINST SEED AND SOIL INFECTIONS IN THE SOUTH OF THE NON-BLACK EARTH REGION

G.A. Budarina

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** The article reflects the results of three-year research to determine the effectiveness of biopreparations and their complex application with fungicides in the fight against major diseases of soybean. As a result of researches high (100%) against pathogenic (*Fusarium spp.*) and saprotrophic (*Alternaria spp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*) mycoflora of seeds and root rots biological efficiency of pre-sowing treatment of soybean with Heraklion, KS, in full and reduced by 50.0% application rate in combination with biopreparations Vitaplan, SP and Trichocin, SP was revealed. These methods allow to remove the inhibitory effect of fungicide on sowing qualities of soybean, increasing germination energy by 3.8; 3.1%, laboratory germination - by 1.1; 3.8%

*compared to the chemical preparation Heracleon, KS, reduce the development of root rots by 52.2; 55.2% in the phase of budding, by 47.6; 56.7% in the phase “fruiting - bulking”, increase yield by 10.7%.*

*Efficiency (97.0; 39.7%) and possibility of using Vitaplan, SP and Trichocin, SP biopreparations for treatment of soybean seeds and crops against peronosporosis at low and medium level of disease development were shown. Ecological significance of the studied biopreparations and prospectivity of their double application on soybean in complex with fungicide Vendetta, KS, 0.4l/t, providing maximum (effect. 82.0; 83.6% - flowering; 49.6; 57.4% - fruit formation) protection of crops from peronosporosis and preservation of 0.3 t/ha or 10.7% of yield on average for 3 years.*

**Keywords:** soybean, variety, pathogens, phytoexpertise, dressing agents, biopreparations, germination energy, germination, root rot, biological efficiency, yields.

### Введение

Высокая зараженность семенного материала и почвы различными видами патогенных грибов и бактерий значительно снижает его посевные качества (энергию, всхожесть), способствует поражению корневой системы гнилями, листьев и стеблей пятнистостями, ведет к недоборам урожая зерна и его качества [1].

Массовое применение химических средств защиты растений в технологиях возделывания многих сельскохозяйственных культур, их негативное влияние на окружающую среду ставит вопрос о необходимости применения научно – обоснованных экологически безопасных средств и методов, направленных на регуляцию численности вредных организмов до экономически безопасного уровня. Однако информация о таких методах защиты на зернобобовых культурах малочисленна, нет данных о действии современных биопрепаратов в сочетании с пестицидами на развитие болезней и вредителей сои, что ведет к неправильному их использованию и необоснованным затратам. Кроме того, для достижения экологической безопасности в агроценозах большое значение имеет подбор таких элементов защиты растений, которые могут не только снизить высокую зараженность семенного материала различными видами патогенных грибов и бактерий, но и повысить его посевные качества (энергию, всхожесть) и максимально сохранить урожайность [2, 3].

В этой связи разработка оптимальных регламентов применения биопрепаратов с протравителями семян и фунгицидами, применяемыми по вегетации, их комплексное влияние на снижение семенной, почвенной инфекций и продуктивность сои, а также определение оптимальных сроков применения таких комплексов в современных технологиях возделывания является актуальной задачей.

### Материалы и методика

Исследования проводились в 2022-2024 гг. в лабораторных и полевых условиях шестипольного севооборота ФНЦ ЗБК путем закладки опытов, проведения учетов и наблюдений согласно общепринятым методикам. Испытание протравителей и биопрепаратов на фунгицидную активность проводилось по методике: «Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [4]. Анализ семян на грибную инфекцию и определение видового состава патогенов - по В.И. Билай и др. (1988). Определение посевных качеств - согласно ГОСТ 10246 – 86 и ГОСТ 12038 – 84.

Материалом для исследований служили: сорт сои Осмонь, протравитель Гераклион, КС, применяемый на фоне заблаговременной обработки семян, биопрепараты Витаплан, П и Трихоцин, П, с обработкой в день посева.

Фитоэкспертиза семян на патогенную, сапротрофную микофлору, энергию прорастания семян и лабораторную всхожесть была проведена в лабораторных условиях. Действие фунгицидов на полевую всхожесть, корневые гнили, листостебельные болезни и урожайность изучали в полевых условиях.

Ширококорядный (45см) посев опытных делянок с нормой высева 650 тысяч шт. всхожих семян на 1 га проведен селекционной сеялкой СКС-6-10. Учетная площадь делянки – 9-11 м<sup>2</sup>, размещение – рендомизированное. Обработку семян протравителями проводили

суспензионным способом вручную за 7-8 дней до посева, биопрепаратами – в день посева. Обработку посевов – в фазу бутонизации и в фазу начало плодообразования. Расход рабочего раствора при протравливании - 8 л/т семян, при опрыскивании – 300 л/га. Учет урожая методом поделяночного взвешивания, приведенного к стандартной (14%) влажности и 100 % чистоте зерна с деелянок, убранных комбайнами «Сампо – 130» и «Hege Zun 150». Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

#### **Схема опыта:**

- 1 Контроль (без обработки);
2. Гераклион, КС (стандарт), 1,0 л/т – обработка семян;
3. Гераклион, КС + Трихоцин, СП, 0,5 л/т + 0,030 кг/т;
4. Гераклион, КС + Витаплан, СП, 0,5 л/т + 0,030 кг/т;
5. Трихоцин, СП + Витаплан, СП, 0030 + 0,030 кг/т;
6. Вендетта, КС, 0,4л/га – опрыскивание посевов в фазу бутонизация;
7. Гераклион, КС – обработка семян, 1,0 л/т + Вендетта, КС, 0,4 л/га - опрыскивание посевов в фазу бутонизация (стандарт);
8. Гераклион, КС – обработка семян, 1,0 л/т + Витаплан, СП, 0,040 кг/га - бутонизация + Трихоцин, СП, 0,040 кг/га – конец цветения – начало образования бобов;
9. Гераклион, КС - обработка семян, 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 0,040 кг/га - бутонизация + Витаплан, СП, 0,040 кг/га - конец цветения - начало образования бобов;
10. Витаплан, СП, 0,030 кг/т – обработка семян + Вендетта, КС, 0,4 л/га – бутонизация;
11. Трихоцин, СП, 0,030 кг/т – обработка семян + Вендетта, КС, 0,4 л/га – бутонизация;
12. Трихоцин, СП, 0,040 кг/га - бутонизация + Вендетта, 0,4 л/га – конец цветения – начало образования бобов;
13. Витаплан, СП, 0,040 кг/га - бутонизация + Вендетта, 0,4 л/га – конец цветения – начало образования бобов;
14. Витаплан, СП, 0,030 кг/т – обработка семян + Трихоцин, СП, 0,040 кг/га - бутонизация + Витаплан, СП, 0,040 кг/га - конец цветения - начало образования бобов.

#### **Результаты и их обсуждение**

Одним из наиболее безопасных и эффективных способов снижения вредоносности болезней сельскохозяйственных культур является протравливание семян [2,5]. Результаты трехлетних исследований показали максимальную (100%) против патогенной (*Fusarium spp.*) и сапротрофной *Alternarium sp.*, *Mucor spp.* и др.) грибной и достаточно высокую (73,8 и 95,2%) против бактериозов семян сои эффективность химического протравителя Гераклион, КС как в полной, так и в сниженной на 50,0% норме применения в сочетании с биопрепаратами Трихоцин, СП и Витаплан, СП (табл. 1). Снижение зараженности семян под влиянием биопрепаратов в чистом виде составило 71,2% против грибной и 48,9% против бактериальной инфекции семян. Изучение возможности применения уменьшенных норм химических протравителей на сое в сочетании с биопрепаратами позволило отметить, что в получении высокой эффективности от использования таких смесей важную роль играет степень зараженности посевного материала патогенной грибной инфекцией.

Только в случае слабой и умеренной (в наших исследованиях до 3,8%) степени зараженности посевного материала норму применения протравителя можно уменьшить вдвое. Кроме того, обработка семян биопрепаратами Трихоцин, СП, и Витаплан, СП, 0,030 кг/т в сочетании с половинной нормой протравителя Гераклион, КС, 0,5л/т позволяет снять ингибирующее действие последних на посевные качества сои, увеличив, соответственно, энергию прорастания на 3,8% и 3,1%, лабораторную всхожесть – на 1,1; 3,8% по сравнению с химическим препаратом Гераклион, КС, применяемым в полной норме расхода.

Таблица 1

**Влияние протравителей на посевные качества и зараженность семян сои сорта Осмонь (ср. за 2022-2024 гг.)**

| Вариант/<br>препарат                                            | Энергия<br>про<br>растания,<br>% | Лаборатор<br>ная всхо<br>жесть, % | Зараженность, % |                                           |                             |     | Эффек<br>тивност<br>ь, % |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-----|--------------------------|
|                                                                 |                                  |                                   | микобиота       |                                           | эффе<br>ктив<br>ность,<br>% | ВАС |                          |
|                                                                 |                                  |                                   | FUSASP          | ALTE<br>SP.+PENSP.<br>+<br>MUCOMSP.<br>P. |                             |     |                          |
| Контроль (без<br>обработки)                                     | 97,2                             | 95,3                              | 3,8             | 21,0                                      | -                           | 4,5 | -                        |
| Гераклион,<br>КС<br>(стандарт), 1,0<br>л/т                      | 93,2                             | 92,5                              | 0,0             | 0,0                                       | 100                         | 1,5 | 73,8                     |
| Гераклион,<br>КС +<br>Трихоцин,<br>СП, 0,5 л/т +<br>0,030 кг/т  | 97,0                             | 93,5                              | 0,0             | 0,0                                       | 100                         | 1,5 | 73,8                     |
| Гераклион,<br>КС, +<br>Витаплан,<br>СП, 0,5 л/т +<br>0,030 кг/т | 96,3                             | 96,3                              | 0,0             | 0,0                                       | 100                         | 0,3 | 95,2                     |
| Трихоцин, СП<br>+ Витаплан,<br>СП, 0,030 +<br>0,030 кг/т        | 95,0                             | 95,8                              | 0,8             | 4,9                                       | 71,2                        | 2,3 | 48,9                     |

*Примечание: FUSASP – фузариоз, ALTESP. – альтернариоз; PENSP. - пенициллез; MUCOMSP. – мукор; ВАС. – бактериальная микрофлора*

По эффективности против корневых гнилей сои применение обработки семян комплексом Витаплан, СП + Трихоцин, СП, 0,030 кг/т на 13,4 и 28,7% уступало химическому фунгициду Гераклион, КС, 1,0 л/т в фазы бутонизация и плодообразование соответственно. Однако биологическая эффективность комплексного применения биопрепаратов с уменьшенными вдвое нормами протравителя была достаточно значимой (эффект 52,2; 55,2%) как в фазу бутонизация, так и в фазу плодообразование (эффект 47,6; 56,7%), что на 11,3; 20,4% в период образования бобов превышало аналогичные показатели на варианте с применением биопрепаратов в чистом виде. Действие биопрепаратов к фазе плодообразование значительно (эффект 36,3%) снижалось по сравнению с химическим протравителем, что не позволило на данных вариантах получить существенную прибавку урожайности (табл. 2).

Урожайность на варианте с применением препарата Гераклион, КС в полной норме, 1,0 л/т достоверно повысилась на 0,30 т/га или на 10,4%.

**Биологическая и хозяйственная эффективность применения протравителей и биопрепаратов против корневых гнилей сои (сорт Осмонь)**

| Вариант/<br>препарат                                | Корневые гнили, ср. за три года |                  |                  |                  | Урожайность |              |         |              |         |              |                     |              |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------------------|--------------|
|                                                     | Бутонизация                     |                  | Плодообразование |                  | 2022 г.     |              | 2023 г. |              | 2024 г. |              | ср. 2022 – 2024 гг. |              |
|                                                     | развитие, %                     | эффективность, % | развитие, %      | эффективность, % | т/га        | % к контролю | т/га    | % к контролю | т/га    | % к контролю | т/га                | % к контролю |
| Контроль (без обработки)                            | 7,6                             | -                | 10,5             | -                | 2,36        | -            | 3,30    | -            | 2,90    | -            | 2,87                | -            |
| Гераклион, КС (стандарт), 1,0 л/т                   | 2,1                             | 72,4             |                  | 65,0             | 2,50        | 5,9          | 3,90    | 18,2         | 3,11    | 7,2          | 3,17                | + 10,4       |
| Гераклион, КС + Трихоцин, СП, 0,5 л/т + 0,030 кг/т  | 3,6                             | 52,2             | 5,3              | 47,6             | 2,40        | 1,7          | 3,10    | 0,0          | 3,00    | 3,4          | 2,80                | 0,0          |
| Гераклион, КС, + Витаплан, СП, 0,5 л/т + 0,030 кг/т | 3,3                             | 55,2             | 4,5              | 56,7             | 2,40        | 1,7          | 3,30    | 0,0          | 3,00    | 3,4          | 2,90                | + 1,0        |
| Трихоцин, СП + Витаплан, СП, 0,030 + 0,030 кг/т     | 2,7                             | 59,0             | 6,7              | 36,3             | 2,40        | 0,0          | 3,40    | 3,0          | 3,00    | 3,4          | 2,90                | + 1,0        |
| НСР 05                                              |                                 |                  |                  |                  | 0,16        |              | 0,20    |              | 0,19    |              |                     |              |

В связи с поздним развитием грибных листостебельных болезней (пероноспороз) на сое эффективность биопрепаратов и их смесей с протравителями при обработке семян против пероноспороза не отмечена. И только сочетание обработки семян биопрепаратами Витаплан, СП и Трихоцин, СП, 0,030 кг/т с опрыскиванием растений в фазу бутонизация химическим фунгицидом Вендетта, КС, 0,4 л/га позволили существенно (эффек. 82,0; 83,6% – цветение; 49,6; 57,4% – плодообразование) снизить развитие пероноспороза на сое (табл. 3).

Эффективность комплексного применения фунгицида Гераклион, КС, 1,0 л/т в сочетании с обработкой посевов Витапланом, СП и Трихоцином, СП, 0,040 кг/га в фазу бутонизации была значимой (79,4; 77,6%) только в начальные фазы развития болезни (цветение) и не способствовала защите посевов от пероноспороза в конце вегетации (эффек. 11,4 и 33,7%), тогда как обработка семян биопрепаратами и опрыскивание посевов фунгицидом Вендетта, КС, 0,4 л/га в фазу конец цветения – начало образования бобов по эффективности (74,2; 87,0% – цветение, 58,8; 38,2% – плодообразование) незначительно уступала применению химических препаратов в полной норме их применения.

Из этого следует, что обработка семян и последующие опрыскивания посевов сои биопрепаратами в чистом виде и в сроки, задолго до проявления листостебельных пятнистостей (бутонизация) не обеспечивают достаточную для сохранения урожая защиту сои от патогенов.

Максимальную (эффек. 97,0 и 39,7%) защиту сои от болезней, равнозначную с применением химических препаратов, обеспечила схема: Витаплан, СП, 0,030 кг/га – обработка семян + Трихоцин, СП, 0,040 кг/га – бутонизация + Витаплан, СП, 0,040 кг/га - начало плодообразования сохранившая в среднем за 3 года 0,30 т/га или 10,7% урожая зерна при условии слабой и средней степени развития болезней. Данная прибавка урожайности подтверждена анализом снопового материала (увеличением количества бобов, семян на растение и массы 1000 зерен) и математической обработкой экспериментальных данных (НСР 05 = 0,16; 0,20 и 0,19 т/га).

**Эффективность комплексного применения биопрепаратов и фунгицидов при обработке семян и посевов против пероноспороза сои сорта Осмонь**

| Вариант                                                                                                                                    | Пероноспороз     |                   |                  |                   | Урожайность |         |         |                     |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------|---------|---------|---------------------|-----------------|
|                                                                                                                                            | Цветение         |                   | Плодообразование |                   | 2022 г.     | 2023 г. | 2024 г. | ср. 2022 – 2024 гг. |                 |
|                                                                                                                                            | разви-<br>тие, % | эффек-<br>тив., % | разви-<br>тие, % | эффек-<br>тив., % | т/га        | т/га    | т/га    | т/га                | % к<br>контролю |
| Контроль (без обработки)                                                                                                                   | 2,8              | -                 | 14,1             | -                 | 2,30        | 3,01    | 3,10    | 2,80                | -               |
| Вендетта, КС, 0,4 л/га – бутонизация                                                                                                       | 0,3              | 87,0              | 7,0              | 55,8              | 2,40        | 3,20    | 3,50    | 3,03                | + 8,2           |
| Гераклион, КС 1,0 л/т + Вендетта, КС, 0,4 л/га – бутонизация                                                                               | 0,3              | 83,6              | 6,7              | 59,6              | 2,50        | 3,11    | 3,60    | 3,07                | + 9,6           |
| Гераклион, КС 1,0 л/т + Витаплан, СП, 0,040 кг/га – бутонизация + Трихоцин, СП, 0,040 кг/га – конец цветения – начало образования бобов    | 0,5              | 79,4              | 11,1             | 33,7              | 2,40        | 3,20    | 3,50    | 3,03                | + 8,2           |
| Гераклион, КС 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 0,040 кг/га – бутонизация + Витаплан, СП, 0,040 кг/га – конец цветения – начало образования бобов    | 0,6              | 77,6              | 13,1             | 11,4              | 2,30        | 3,10    | 3,70    | 3,03                | + 8,2           |
| Витаплан, СП, 0,030 кг/т + Вендетта, 0,4 л/га - бутонизация                                                                                | 0,4              | 82,0              | 8,3              | 49,6              | 2,40        | 3,20    | 3,30    | 2,97                | +6,1            |
| Трихоцин, СП, 0,030 кг/т + Вендетта, 0,4 л/га – бутонизация                                                                                | 0,3              | 83,6              | 6,7              | 57,4              | 2,40        | 3,19    | 3,30    | 2,96                | + 5,7           |
| Трихоцин, СП, 0,040 кг/га – бутонизация + Вендетта, 0,4 л/га – конец цветения – начало образования бобов                                   | 0,3              | 87,0              | 9,4              | 38,2              | 2,50        | 3,20    | 3,60    | 3,10                | + 10,7          |
| Витаплан, СП, 0,040 кг/га – бутонизация + Вендетта, 0,4 л/га – конец цветения – начало образования бобов                                   | 0,4              | 74,2              | 5,9              | 58,8              | 2,60        | 3,10    | 3,60    | 3,10                | + 10,7          |
| Витаплан, СП, 0,030 кг/т + Трихоцин, СП, 0,040 кг/га – бутонизация + Витаплан, СП, 0,040 кг/га – конец цветения – начало образования бобов | 0,2              | 97,0              | 9,9              | 39,7              | 2,40        | 3,40    | 3,50    | 3,10                | + 10,7          |
| НСР 05                                                                                                                                     |                  |                   |                  |                   | 0,16        | 0,20    | 0,19    |                     |                 |

### Заключение

В результате трехлетних исследований впервые получены экспериментальные данные, показывающие перспективность применения биопрепаратов в сочетании с пестицидами на сое. Выявлена максимальная (100%) против патогенной грибной (*Fusarium* spp.) и сапротрофной (*Alternarium* sp., *Mucor* spp. и др.) инфекции семян сои и достаточно высокая (73,8; 95,2%) против бактериозов эффективность химического протравителя Гераклион, КС в полной и сниженной на 50% норме применения в сочетании с биопрепаратами Трихоцин, СП и Витаплан, СП. Снижение зараженности семян под влиянием биопрепаратов Трихоцин, СП и Витаплан, СП в чистом виде составило 71,2% против грибной и всего 48,9% против бактериальной инфекции семян сои соответственно.

По эффективности против корневых гнилей биопрепараты Витаплан, СП и Трихоцин, СП на 13,4; 28,7% уступали химическому фунгициду Гераклион, КС, 1,0 л/т в фазы бутонизация и плодообразование соответственно. Однако совместное действие биопрепаратов с протравителями, применяемыми в половинной норме на 11,3 и 17,7% превышало аналогичные показатели на варианте с применением биопрепаратов в чистом виде (эффект. 52,2; 55,2% в фазу бутонизация и 47,6; 56,7% в фазу плодообразование).

Отмечена экологическая значимость изучаемых биопрепаратов и перспективность их двукратного применения на сое в чистом виде и в комплексе с фунгицидом Вендетта, КС, 0,4 л/т, обеспечивающих максимальную (эффект. 82,0; 97,0% – цветение; 49,6; 39,7% – плодообразование) защиту посевов от пероноспороза и сохранение в среднем за 3 года 0,30 т/га или 10,7% урожая.

***Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGZZ-2022-0002.***

### Литература

1. Бударина Г.А. Защита фасоли от семенной и почвенной инфекции в условиях севера ЦЧО. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 4 (48). – С.65-70. DOI: 10.24412/2309-348X -2023-4-65-70.
2. Резвякова С.В., Еремин Л.П., Таракин А.В., Догадина М.А., Конеева О.А. Биологизированная технология возделывания озимой пшеницы. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3 (43). – С. 94-99; DOI: 10.24412/2309-348X -2022-3-94-99.
3. Тишкова А.Г. Биологические приемы защиты сои от болезней. // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. – № 2 (58). – С. 35-42.
4. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – С-Пб., – 2009. – 378 с.
5. Борзенкова Г.А. Применение эффективных протравителей и инокулянтов в технологии возделывания различных сортов сои. // Земледелие. – 2014. – № 4. – С. 37-39.

### References

1. Budarina G.A. Protection of beans from seed and soil infections in the conditions of the north of the Central Black Earth Region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2023, no.4(48), pp. 65 - 70. DOI: 10.24412/2309-348X -2023-4-65-70.
2. Rezvyakova S.V., Eremin L.P., Tarakin A.V., Dogadina M.A., Koneeva O.A. Biologized technology of winter wheat cultivation. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no.3(43), pp. 94 - 99; DOI: 10.24412/2309-348X -2022-3-94-99;
3. Tishkova A.G. Biological methods of protecting soybeans from diseases. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2021, no.2 (58), pp.35-42;
4. Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture. St.- Petersburg., 2009, 378 p.;
5. Borzenkova G.A. The use of effective seed dressings and inoculants in the technology of cultivation of various varieties of soybeans. *Zemledelie*, 2014, no.4, pp. 37-39.

## ОСОБЕННОСТИ ГРУППИРОВКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СОИ ПО ДАННЫМ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И КАЧЕСТВА СЕМЯН МЕТОДОМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

М.А. МАРТЫНОВ, аспирант, научный сотрудник,  
ORCID ID: 0009-0005-6539-7349

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

**Аннотация.** В статье изложены результаты изучения кластерного анализа перспективного селекционного материала сои по трехлетним данным структурного анализа и качества семян. В каждом кластере были сгруппированы сорта и селекционные линии в зависимости от количественных признаков структуры урожая и их взаимосвязи. По результатам кластерного анализа сортов и селекционных линий сои были выделены перспективные группы, которые превосходят другие по отдельным характеристикам, что позволит более целенаправленно проводить отбор селекционного материала. Отмечена особенность группировки сортообразцов по таким признакам как группа спелости, характер ветвистости и тип роста. При кластерном анализе по всем изучаемым признакам группировка сортообразцов производилась, в первую очередь, по показателю ветвистости. Выявлено, что при отсутствии признаков, напрямую демонстрирующих характер ветвистости сорта, разбивка по данному показателю была практически однородной.

**Ключевые слова:** соя, селекционный процесс, структурный анализ, корреляционный анализ, ветвистость.

**Для цитирования:** Мартынов М.А. Особенности группировки селекционного материала сои по данным структурного анализа и качества семян методом кластеризации. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):59-66. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-59-66

## PECULIARITIES OF GROUPING SOYBEAN BREEDING MATERIAL ACCORDING TO THE DATA OF STRUCTURAL ANALYSIS AND SEED QUALITY BY CLUSTERING METHOD

M.A. Martynov

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GOAT CROPS

**Abstract:** The article presents the results of the study of cluster analysis of promising soybean breeding material based on three-year data of structural analysis and seed quality. In each cluster, varieties and breeding lines were grouped according to quantitative traits of yield structure and their relationships. Based on the results of cluster analysis of soybean varieties and breeding lines, promising groups that are superior to others in certain characteristics were identified, which will allow for more targeted selection of breeding material. The peculiarity of varietal grouping by such traits as ripeness group, branching character and growth type was noted. In the cluster analysis for all the studied traits, the grouping of cultivars was made, first of all, according to the branching index. It was found that in the absence of traits directly demonstrating the nature of branching of the variety, the breakdown by this indicator was almost homogeneous.

**Keywords:** soybean, breeding process, structural analysis, correlation analysis, branching.

### Введение

Соя является ценной сельскохозяйственной культурой, используемой в пищевых и кормовых целях. Она занимает важное место в производстве благодаря высокой рентабельности и перспективности по ряду ценных хозяйственных характеристик. Ключевым показателем сои является содержание белка в зерне, который по своей биологической ценности занимает первое место среди белков других значимых сельскохозяйственных культур и считается эталоном для растительных белков по качественным характеристикам [1].

Поскольку существует большое количество сортов сои и широкий спектр их признаков, для их обработки и систематизации приобретает особую актуальность применение многомерных статистических методов, таких как кластерный анализ [2]. Методы кластеризации используются в различных научно-технических дисциплинах для решения задач сегментации, позволяя объединять объекты с похожими характеристиками, а также для компрессии больших объемов информации и создания научно обоснованных классификаций [2, 3, 4]. Кластерный анализ представляет собой вид задачи классификации, в которой нет заранее заданных эталонов. Он заключается в группировке объектов в кластеры на основе их схожести, которая оценивается по различным критериям (признакам, характеристикам) [5]. Этот метод применяется для решения множества задач, однако чаще всего его используют для сегментации [6].

**Цель работы** – на основе кластерного анализа провести группировку различных по морфотипу сортов и новых линий сои и установить зависимость их разбивки на группы, отражающие показатели ветвистости и тип роста, по ряду признаков структурного анализа и качества семян.

### Материалы и методы

Закладка полевых опытов проводилась согласно методическим рекомендациям Б.А. Доспехова (1985 г.) на почвах опытного поля ФНЦ ЗБК, расположенного в Орловском районе Орловской области. Предшественник – чистый пар.

Зяблевая вспашка проводилась в сентябре на глубину 23-25 см. Весной было проведено боронование средними боронами в два следа, культивация почвы на глубину 6-8 см с последующим прикатыванием кольчато-шпоровыми катками, предпосевная культивация на глубину 5-6 см. Посев широкорядный с междурядьями 45 см.

Почвы опытного участка – тёмно-серые лесные, тяжелосуглинистые, средне окультуренные. Содержание гумуса – 4,71%, что соответствует среднему содержанию. Почвы среднекислые рН<sub>НС</sub> – 4,9. Содержание подвижных форм фосфора и калия – 225,8 мг/кг (высокое содержание) и 112,2 мг/кг почвы (среднее содержание), соответственно.

Объектами исследований являлись 39 различных по морфотипу и срокам созревания сортообразцов сои отечественной и зарубежной селекции [7].

Посев опытных делянок проведен в 2022 году 26 мая, в 2023 году 11 мая в 2024 году 17 мая. Появление всходов в 2022 году 3 июня, в 2023 году 21 мая, в 2024 году 27 мая. Норма высева – 600 тыс. семян на гектар. Оценка морфологических и хозяйственных признаков проводилась по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1983 г) и Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур в фазу R-8 (1975). Измерение содержания протеина и жира семян проводили на приборе Infratec 1241 Grain Analyzer.

Метеорологические условия, на протяжении вегетационного периода растений за 2022...2024 годы были контрастными (табл. 1).

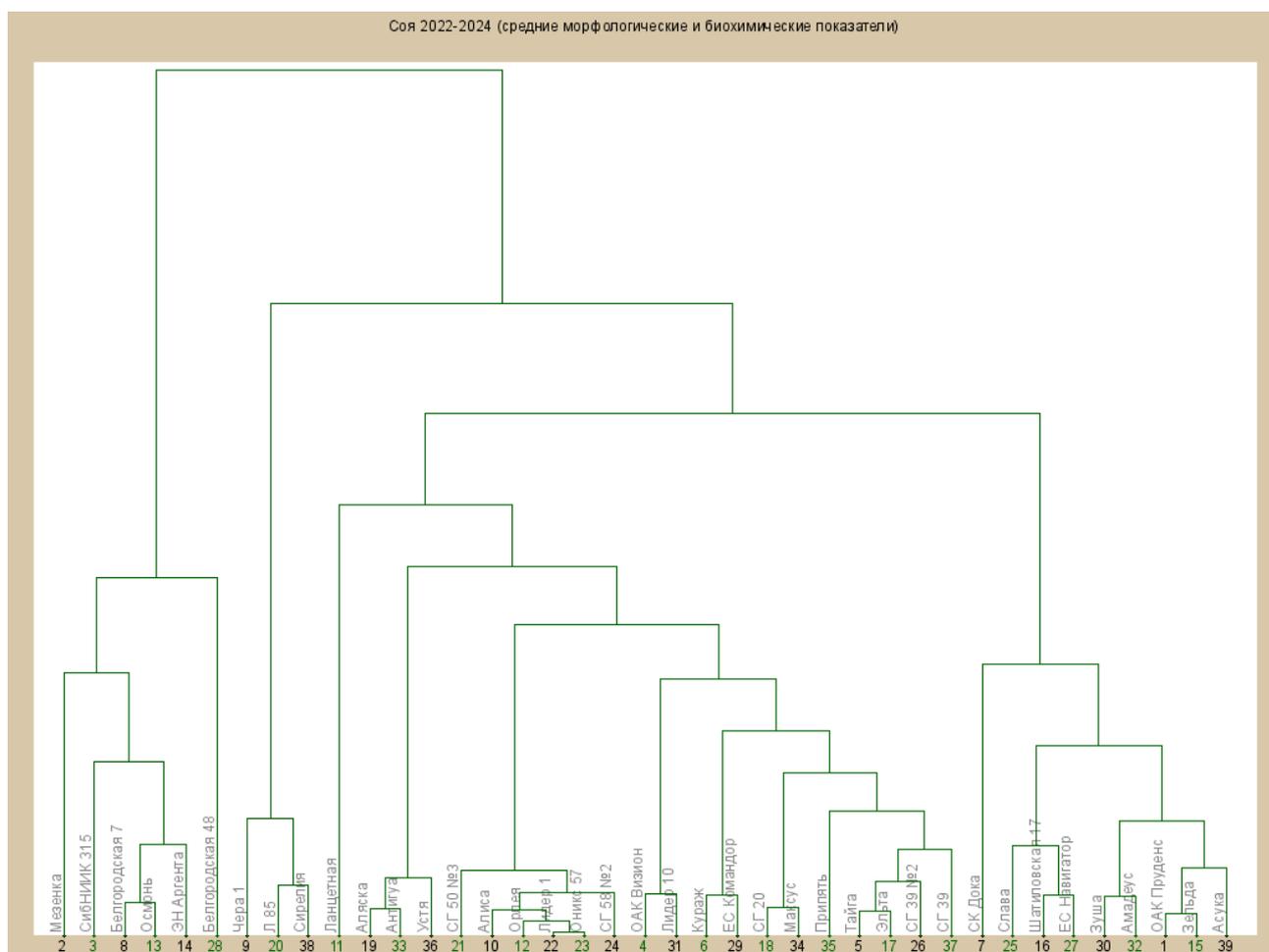
Таблица 1

**Метеорологические условия за вегетационные периоды сои, 2022...2024 гг.**

| Год  | Показатель      | Значения показателей по месяцам |      |      |      |       |
|------|-----------------|---------------------------------|------|------|------|-------|
|      |                 | Май                             | Июнь | Июль | Авг. | Сент. |
| 2022 | Температура, °С | 11,5                            | 19,0 | 19,1 | 21,8 | 9,9   |
|      | Осадки, мм      | 52                              | 52   | 64   | 34   | 111   |
| 2023 | Температура, °С | 12,9                            | 17,1 | 19,2 | 20,3 | 15,3  |
|      | Осадки, мм      | 17                              | 56   | 77   | 45   | 0     |
| 2024 | Температура, °С | 12,9                            | 19,5 | 22,1 | 21,2 | 19,0  |
|      | Осадки, мм      | 66                              | 67   | 79   | 39   | 10    |

**Результаты и обсуждение**

В посевах 2022...2024 гг. постоянно возделывалось 39 различных по морфотипу и срокам созревания сортообразцов сои. Для проведения кластерного анализа были использованы показатели структурного анализа (количество ветвей, междоузлий, продуктивных узлов, бобов, семян с растения, масса надземной части без семян, масса семян с растения, масса 1000 зерен, высота растения), качества семян (содержание протеина и жира в семенах) и урожайность (рис. 1).



*Рис. 1. Дендрограмма кластерного анализа морфологических и биохимических показателей сортов и линий сои, 2022...2024 гг.*

В результате кластерного анализа было выделено 9 различных кластеров (табл. 2, 3).

**Сформированные кластеры по показателям морфологического и биохимического анализа, 2022...2024 гг.**

| Сорт, сортообразец | Тип роста       | Характер ветвистости  | Группа спелости |
|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| <b>1 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| Мезенка            | Индетерминант   | Ветвистый             | 2               |
| СибНИИК 315        | Индетерминант   | Ветвистый             | 2               |
| Белгородская 7     | Полудетерминант | Ветвистый             | 2               |
| Осмонь             | Индетерминант   | Ветвистый             | 3               |
| ЭН Аргента         | Индетерминант   | Ветвистый             | 3               |
| Белгородская 48    | Детерминант     | Ветвистый             | 4               |
| <b>2 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| Чера 1             | Детерминант     | Ветвистый             | 2               |
| Л 85               | Детерминант     | Ветвистый             | 3               |
| Сирелия            | Индетерминант   | Ветвистый             | 4               |
| <b>3 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| Ланцетная          | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 2               |
| <b>4 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| Аляска             | Детерминант     | Ветвистый             | 3               |
| Антигуа            | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| Устя               | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| <b>5 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| Алиса              | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 2               |
| Орлея              | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 2               |
| СГ 50 №3           | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 3               |
| Лидер 1            | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 3               |
| Оникс 57           | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 3               |
| СГ 58 №2           | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 3               |
| <b>6 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| ОАК Визион         | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 2               |
| Тайга              | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 2               |
| Кураж              | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 2               |
| Эльта              | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 3               |
| СГ 20              | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 3               |
| СГ 39 №2           | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| ЕС Командор        | Полудетерминант | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| Лидер 10           | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| Максус             | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| Припять            | Детерминант     | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| СГ 39              | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 4               |
| <b>7 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| СК Дока            | Полудетерминант | Ветвистый             | 2               |
| <b>8 кластер</b>   |                 |                       |                 |
| Шатиловская 17     | Индетерминант   | Ветвистый             | 3               |
| Слава              | Индетерминант   | Ветвистый             | 4               |
| ЕС Навигатор       | Индетерминант   | Ветвистый             | 4               |

| 9 кластер   |                 |                       |   |
|-------------|-----------------|-----------------------|---|
| ОАК Пруденс | Индетерминант   | Ветвистый             | 2 |
| Зельда      | Индетерминант   | Ветвистый             | 3 |
| Зуша        | Полудетерминант | Ветвистый             | 4 |
| Амадеус     | Индетерминант   | Ограниченно-ветвистый | 4 |
| Асука       | Детерминант     | Ветвистый             | 4 |

В первый кластер вошли ветвистые сорта: индетерминанты Мезенка, СибНИИК 315, Осмонь, ЭН Аргента; и 2 сорта Белгородской селекции – полудетерминант Белгородская 7 и детерминант Белгородская 48.

Таблица 3

**Характеристика сформированных кластеров, средние значения показателей, 2022...2024 гг.**

| № | Высота растений, см | К-во ветвей, шт. | К-во междоузлий, шт. | К-во продуктивных узлов, шт. | К-во бобов с раст., шт. | К-во семян с раст., шт. | Масса семян с раст., г | Масса надземной части без семян, г | Масса 1000 зерен, г | Урожайность, т/га | Содержание протеина в зерне, % | Содержание жира в зерне, % |
|---|---------------------|------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1 | 93,66               | 3,05             | 23,12                | 20,16                        | 47,09                   | 95,92                   | 13,31                  | 14,17                              | 147,43              | 2,10              | 40,22                          | 20,49                      |
| 2 | 91,88               | 1,81             | 20,02                | 18,10                        | 41,69                   | 84,31                   | 15,04                  | 15,85                              | 178,22              | 2,42              | 40,59                          | 20,90                      |
| 3 | 76,95               | 1,17             | 16,08                | 14,50                        | 38,69                   | 87,35                   | 11,26                  | 12,27                              | 135,17              | 2,29              | 40,73                          | 21,57                      |
| 4 | 87,11               | 0,75             | 13,17                | 11,86                        | 25,84                   | 54,27                   | 9,55                   | 9,96                               | 182,29              | 2,52              | 42,49                          | 20,21                      |
| 5 | 86,93               | 0,32             | 11,59                | 10,84                        | 31,32                   | 72,55                   | 10,98                  | 11,55                              | 158,09              | 2,45              | 42,19                          | 20,61                      |
| 6 | 90,58               | 0,81             | 15,00                | 13,90                        | 33,24                   | 73,32                   | 12,66                  | 13,45                              | 180,19              | 2,48              | 42,56                          | 18,95                      |
| 7 | 89,95               | 1,89             | 13,91                | 11,48                        | 38,26                   | 79,59                   | 9,46                   | 10,09                              | 124,93              | 2,29              | 40,17                          | 20,70                      |
| 8 | 97,69               | 2,42             | 17,83                | 15,21                        | 27,39                   | 55,62                   | 9,99                   | 10,00                              | 177,68              | 2,48              | 41,32                          | 21,01                      |
| 9 | 100,87              | 1,66             | 15,64                | 13,98                        | 30,17                   | 61,39                   | 11,89                  | 12,45                              | 197,52              | 2,57              | 42,31                          | 19,91                      |

Особенность кластера заключается в наиболее выраженном признаке ветвистости, относительно всех остальных кластеров, а также низкой урожайности. Первый кластер лидирует по показателям количества бобов и семян с растения. Второй кластер представлен тремя ветвистыми сортообразцами, отнесёнными к разным группам спелости: детерминанты Чера 1 и Л 85 – вторая и третья группы спелости соответственно, индетерминант Сирелия – четвертая группа спелости. Третий кластер представлен одним детерминантным сортом – Ланцетная, отличающимся небольшой высотой, низкой массой тысячи семян и высоким содержанием жира в семенах. В кластер № 4 отнесены крупносеменные сорта со слабо выраженным признаком ветвистости – Аляска, Антигуа, Устя. В пятый кластер сгруппировались детерминантные ограниченно-ветвистые сортообразцы современной селекции ФНЦ ЗБК – Алиса, Орлея, СГ 50 № 3, Лидер 1, Оникс 57, СГ 58 № 2. Данный кластер среди всех отмечен наименьшим показателем ветвистости. Кластер № 6 включает в себя как крупносемянные генотипы – ОАК Визион, Тайга, Кураж, Эльта, СГ 20, ЕС Командор, Максус; так и высокобелковые сортообразцы – Лидер 10, СГ 39, СГ 39 № 2. Включенные в кластер сорта и линии являются ограниченно-ветвистыми. В отдельный, 7 й кластер, попал ветвистый сорт СК Дока с наименьшей массой тысячи семян и низкой урожайностью. Восьмой кластер включил в себя три ветвистых сорта – Шатиловская 17, Слава и ЕС Навигатор. Данные генотипы имели большие показатели содержания белка в семенах, массы тысячи семян и урожайности, чем ветвистые сорта первого кластера, но также имели более длительный вегетационный период. В девятый кластер сгруппировались крупносемянные,

высокоурожайные сорта с наибольшим показателем высоты растения – ОАК Пруденс, Зельда, Зуша, Амадеус, Асука.

Текущая разбивка сгруппировала сортообразцы, в первую очередь по показателю ветвистости, за исключением ветвистого сорта Аляска, демонстрирующего в нашем опыте низкую ветвистость (0,73 ветви), и ограниченно-ветвистого сорта Амадеус, который в условиях Орловской области был ближе к ветвистым морфотипам (1,37 ветви). При данной разбивке, закономерностей по наличию в кластерах сортообразцов с одинаковым типом роста, или группой спелости обнаружено не было.

При добавлении в анализ показателя продолжительности вегетационного периода, разбивка по кластерам не изменилась.

Для более детального изучения влияния признаков на разбивку по характеру ветвистости был проведён кластерный анализ по следующим показателям: высота растения, масса 1000 семян, урожайность, содержание протеина и жира в зерне (рис. 2).

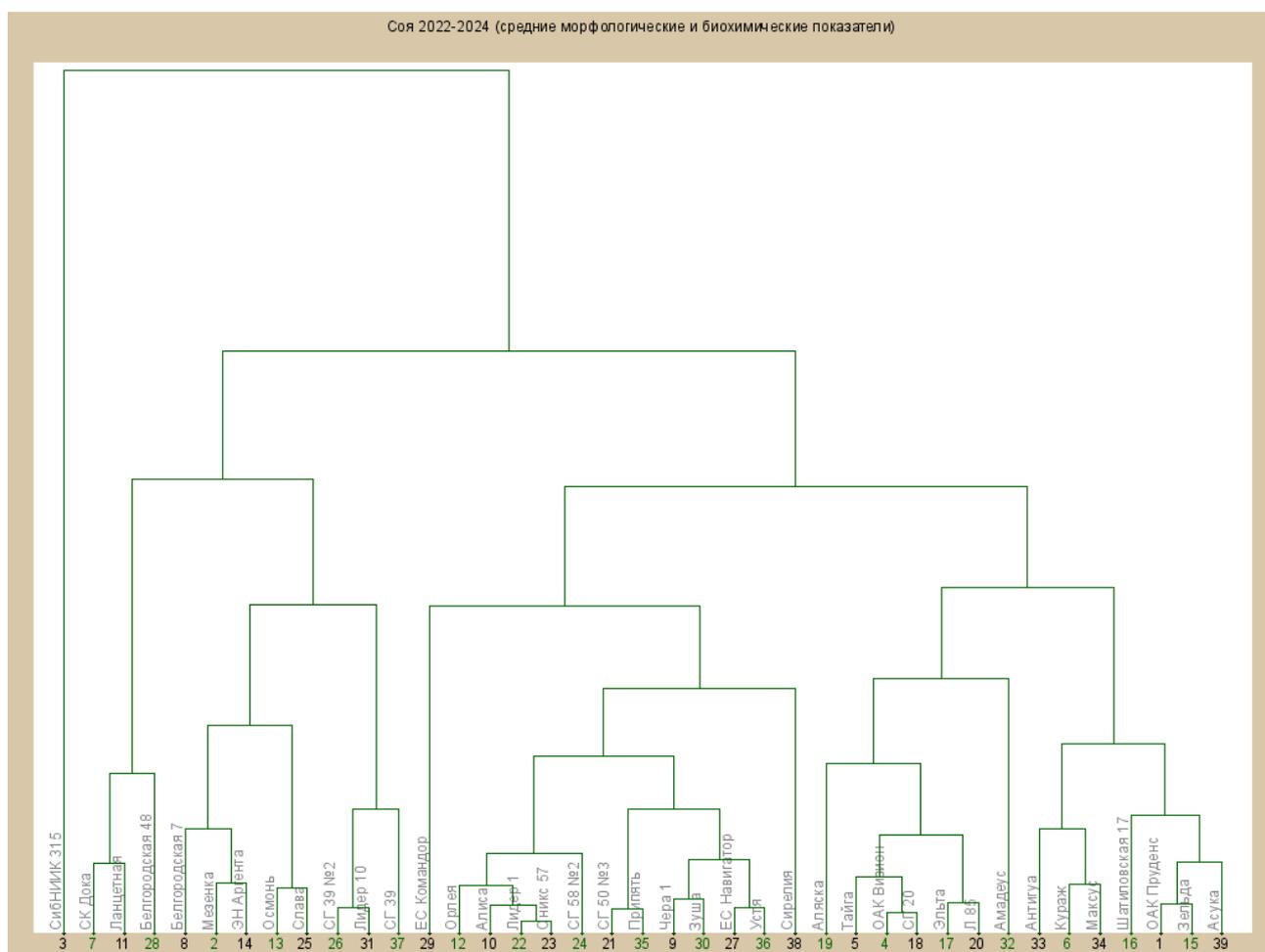


Рис. 2. Дендрограмма кластерного анализа высоты растений, массы 1000 семян, урожайности и биохимических показателей сортов и линий сои, 2022...2024 гг.

По его результатам выявлено 12 кластеров и отмечено, что, несмотря на отсутствие признаков, которые могли напрямую демонстрировать характер ветвистости сорта, разбивка по данному показателю, также, была практически однородной (табл.4). В 1, 2, 3, 8, 12 кластер отнесены ветвистые генотипы, в 4, 5, 6, 10, 11 – ограниченно ветвистые генотипы, в 7 и 9 – обе группы.

Таблица 4

**Сформированные кластеры по показателям высоты растений, массы 1000 зерен, урожайности и качества зерна , 2022...2024 гг.**

| №, п.п. | Варианты, вошедшие в кластер                        | Характер ветвистости             |
|---------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1       | СибНИИК 315                                         | Ветвистый                        |
| 2       | СК Дока, Ланцетная (искл.) Белгородская 48          | Ветвистый                        |
| 3       | Мезенка, Белгородская 7, Осмонь, ЭН Аргента, Слава  | Ветвистый                        |
| 4       | СГ 39 №2, Лидер 10, СГ 39                           | Ограниченно-ветвистый            |
| 5       | ЕС Командор                                         | Ограниченно-ветвистый            |
| 6       | Алиса, Орлея, Лидер 1, Оникс 57, СГ 58 №2           | Ограниченно-ветвистый            |
| 7       | Чера 1, СГ 50 №3, ЕС Навигатор, Зуша, Припять, Устя | Ограниченно-ветвистый; ветвистый |
| 8       | Сирелия                                             | Ветвистый                        |
| 9       | ОАК Визион, Тайга, Эльта, СГ 20, Аляска, Л 85       | Ограниченно-ветвистый; ветвистый |
| 10      | Амадеус                                             | Ограниченно-ветвистый            |
| 11      | Антигуа, Кураж, Максус                              | Ограниченно-ветвистый            |
| 12      | ОАК Пруденс, Зельда, Шатиловская 17, Асука          | Ветвистый                        |

У используемых в анализе признаков, корреляции с количеством ветвей были слабые и очень слабые (табл. 5). Это может говорить о том, что по отдельности данные признаки слабо влияют на показатель ветвистости, однако в своей комбинации могут иметь влияние, которое демонстрирует группировка в кластерном анализе.

Таблица 5

**Корреляционные зависимости изучаемых признаков с ветвистостью 2022...2024 гг.**

| Высота растения, см | Масса 1000 зерен, г | Урожайность, т/га | Содержание протеина в зерне, % | Содержание жира в зерне, % |
|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 0,35                | -0,19               | -0,34             | -0,46                          | 0,29                       |

**Выводы**

1. С помощью кластерного анализа проведена группировка селекционного материала по данным структурного анализа и качества семян.
2. Сформированы высокобелковые кластеры – № 4 и № 6 с содержанием белка выше 42,40%.
3. Отмечены высокоурожайные кластеры ( $m > 2,5$  т/га), как среди ограниченно-ветвистых генотипов - №4, так и среди ветвистых сортообразцов – № 9.
3. Выявлено сходство между новыми сортообразцами селекции ФНЦ ЗБК, сгруппированных в пятом кластере.
4. Выделены наиболее крупносемянные кластеры ( $MTC > 180$  г) – № 4, № 6 и № 9.
5. Кластерный анализ сортообразцов по данным структурного анализа и качеству семян, в первую очередь группирует селекционный материал по показателю ветвистости.
6. Отмечено, что при отсутствии признаков, напрямую демонстрирующих характер ветвистости сорта, разбивка по данному показателю была практически однородной.
7. Выявлено, что по отдельности высота растения, масса 1000 семян, урожайность, содержание жира и протеина в семенах слабо влияют на характер ветвистости, однако в своей комбинации могут иметь влияние, которое показывает группировка в кластерном анализе.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGZZ-2022-0011 Мониторинг*

**селекционно-семеноводческих посевов с использованием цифровых технологий с целью повышения продуктивности новых сортов.**

**Литература**

1. Васин В.Г., Васина Н.В., Шишина А.С., Васин А.В., Кулясов С.Н. Влияние агротехнологических элементов возделывания на фотосинтетический аппарат и продуктивность сои в условиях Самарской области. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2023. – № 4 (48). – С. 20-26. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-20-26
2. Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В., Литвиненко О.В. Классификация сортов сои амурской селекции по биохимическим показателям методом кластеризации. // *Вестник КрасГАУ*. – 2022. – № 11 (188). – С. 54-61. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-11-54-61. – EDN NZFSKU.
3. Иванищев В.В. О возможности приложения метода кластерного анализа к результатам физиолого-биохимических исследований растений. // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. – 2018. – № 1. – С. 69-77. – EDN YWNFJS.
4. Physiological and biochemical parameters for evaluation and clustering of rice cultivars differing in salt stress at seedling stage / S. Chunthaburee [et al.] // *Saudi J. Biol. Sci.* 2016. V. 23(4). P. 467-477.
5. Суслов С.А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки // *Вестник «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*. НГЭИ. – 2010. – № 1. – С. 51-57.
6. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Яндубайкин Е.Е. Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2023. – 2(46). – С.107-116. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116
7. Мартынов М.А., Полухин А.А., Кирюхин С.В. Изучение показателей чистой продуктивности фотосинтеза, нитрогеназной активности и полевой всхожести для различных генотипов сои и их корреляционные связи с основными вегетационными индексами // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2024. – № 2 (71). – С. 120-131. – DOI 10.31677/2072-6724-2024-71-2-120-131. – EDN LRLAMP.

**References**

1. Vasin V.G., Vasina N.V., Shishina A.S., Vasin A.V., Kulyasov S.N. Influence of agrotechnological elements of cultivation on photosynthetic apparatus and productivity of soybean under conditions of Samara region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023; 4(48):20-26. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-20-26
2. Kodirova, G. A., Kubankova G. V., Litvinenko O. V. Classification of soybean varieties of Amur breeding on biochemical indicators by clustering method. *Vestnik KrasGAU*, 2022, no. 11(188), pp. 54-61, DOI 10.36718/1819-4036-2022-11-54-61, EDN NZFSKU.
3. Ivanishchev V.V. On the possibility of applying the method of cluster analysis to the results of physiological and biochemical studies of plants. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennyye nauki*. 2018, no. 1, pp. 69-77, EDN YWNFJS.
4. Physiological and biochemical parameters for evaluation and clustering of rice cultivars differing in salt stress at seedling stage / S. Chunthaburee [et al.] // *Saudi J. Biol. Sci.* 2016. V. 23(4). P. 467-477.
5. Suslov S.A. Cluster analysis: essence, advantages and disadvantages. *Vestnik «Nizhegorodskii gosudarstvennyi inzhenerno-ekonomicheskii institut»*. NGEI, 2010, no.1, pp. 51-57.
6. Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Yandubaikin E.E. Cluster analysis of varieties and breeding lines of spring soft wheat in terms of structural analysis and grain quality. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2023. no. 2(46), pp. 107-116. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116
7. Martynov M.A., Polukhin A.A., Kiryukhin S.V. Study of net photosynthetic productivity, nitrogenase activity and field germination for different soybean genotypes and their correlations with the main vegetation indices. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*. 2024, no. 2(71), pp. 120-131, DOI 10.31677/2072-6724-2024-71-2-120-131, EDN LRLAMP.

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ СОРТОВ СОИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РФ

**С.В. РЕЗВЯКОВА**, доктор сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-7681-4516>

**Ю.А. БОБКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0009-0000-9419-3824>

**А.А. ЗОРОВ\***, кандидат сельскохозяйственных наук

**Е.М. ЗДРАБОВА\***, кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0002-8629-4163>

**И.Н. СМИТ\***, аспирант, <https://orcid.org/0009-0007-0096-4407>

ФГБОУ ВО ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

\*ООО НПО «БЕТАГРАН СЕМЕНА»

**Аннотация.** Цель работы – провести сравнительную агроэкологическую оценку новых сортов сои Бинго, Тейри и Эгида селекции АО «Щелково Агрохим» в природно-климатических условиях севера Центрально-Черноземной зоны. Исследования проведены в ООО НПО «Бетагран семена» в 2023-2024 гг. Почва опытного поля темно-серая лесная, среднесуглинистая, среднеокультуренная. Имеет близкую к нейтральной реакцию в пахотном горизонте (рН – 5,7). По содержанию гумуса в верхнем горизонте среднеобеспечена - от 5,25% до 5,5%. В высокой степени обеспечена подвижным фосфором и калием (187 и 174 мг/кг соответственно). Предшественник сои – озимая пшеница. Осенью внесли сульфат калия, 150 кг/га и аммофос – 300 кг/га. Весной - 150 кг/га сульфата аммония и перед посевом 50 кг/га аммофоса. Семена протравили фунгицидом Гераклион, 1,2 л/т и инсектицидом Имидор ПРО, 2 л/т. Посев проводили во второй декаде мая. Учетная площадь делянки 20,1 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Способ посева - широкорядный с междурядьями 45 см. Норма высева – 600 тыс./га. Глубина заделки семян 3-5 см. Уборку осуществляли селекционным зерноуборочным комбайном ZÜRN 110. При проведении научных исследований руководствовались общепринятыми методиками и ГОСТами. Биохимические показатели качества семян сортов сои определяли на инфракрасном анализаторе «ИнфраЛЮМ ФТ-12». Выявлены сортовые особенности по отзывчивости новых сортов на погодные условия вегетационного периода. Это проявляется в наступлении фенологических фаз развития растений, формировании урожайности и качества семян. Изучаемые сорта в условиях Орловской области полностью созревают во второй декаде сентября. В среднем за два года урожайность сортов Бинго и Эгида (36,21 и 38,14 ц/га соответственно) отмечена на уровне сорта Шатиловская 17 (36,73 ц/га). У сорта Тейри выявлена урожайность на 2,41 ц/га выше (39,14 ц/га).

**Ключевые слова:** соя, сорта, фазы развития, урожайность, качество семян.

**Для цитирования:** Резвякова С.В., Бобкова Ю.А., Зоров А.А., Здрабова Е.М., Смит И.Н. Агроэкологическая оценка новых сортов сои отечественной селекции в Центрально-Черноземной зоне РФ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):67-75. DOI: 10.24412/2309- 348X-2024-4-67-75

## AGROECOLOGICAL EVALUATION OF NEW SOYBEAN VARIETIES OF DOMESTIC BREEDING IN THE CENTRAL BLACK EARTH ZONE OF RUSSIA

**S.V. Rezvyakova, Y.A. Bobkova, A.A. Zorov\*, E.M. Zdrabova\*, I.N. Smit\***

FSBEE HE N.V. PARAKHIN OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY

\* ООО НПО «BETAGRAN-SEEDS»

**Abstract:** *The aim of the work is to carry out a comparative agroecological evaluation of new soybean varieties Bingo, Teiri and Aegis of 'Shchelkovo Agrohim' JSC breeding in natural and climatic conditions of the north of the Central Black Earth zone. The research was carried out in OOO NPO Betagran-Seeds in 2023-2024. The soil of the experimental field is dark grey forest medium loamy medium cultivated. It has close to neutral reaction in arable horizon (pH - 5.7). In terms of humus content in the upper horizon it is moderately provided - from 5.25% to 5.5%. It is highly provided with mobile phosphorus and potassium (187 and 174 mg/kg, respectively). Soybean was preceded by winter wheat. In autumn, 150 kg/ha of potassium sulphate and 300 kg/ha of ammophos were applied. In spring - 150 kg/ha of ammonium sulphate and before sowing 50 kg/ha of ammophos. Seeds were treated with fungicide Heracleon, 1.2 litres/t and insecticide Imidor PRO, 2 litres/t. Sowing was carried out in the second decade of May. Counting plot area was 20.1 m<sup>2</sup>. Repetition was threefold. Sowing method - wide-row sowing with row spacing of 45 cm. Seeding rate - 600 thousand/ha. Seed embedding depth 3-5 cm. Harvesting was carried out with a ZÜRN 110 combine harvester. When conducting scientific research, we were guided by generally accepted methods and GOSTs. Biochemical indicators of seed quality of soybean varieties were determined on infrared analyser 'Infralum FT-12'. Varietal peculiarities of responsiveness of new varieties to weather conditions of the growing season have been revealed. This is manifested in the onset of phenological phases of plant development, formation of yield and seed quality. The varieties under study in the conditions of the Orel region fully mature at the end of the first - middle of the second decade of September. The average yield of the varieties varies from 3.92 to 4.03 tonnes/ha. Protein content in seeds averages 37.5%, fat - 19.99%, fibre - 15.66%. Teiri and Aegis varieties are not inferior to the control variety Bingo in terms of yield and seed quality.*

**Keywords:** soybean, varieties, development phases, yield, seed quality.

Соя в России признана «приоритетной культурой» в сельскохозяйственном производстве. Она должна решить проблему растительного белка, как для человека, так и для животных. Соя незаменима в продовольственном и диетическом отношении. Она является ценной универсальной культурой с высокими качественными показателями. Семена ее содержат 15-30% жира, 30-55% хорошо сбалансированного по аминокислотному составу белка и около 30% углеводов, 12% основных витаминов, а также 5% минеральных солей и многих других ценных веществ. Соя обогащает почву азотом и является ценным предшественником многих полевых культур [1-2].

В Российской Федерации в силу географических и климатических особенностей соя возделывается в Дальневосточном округе – 65% валового сбора. На европейской части сою производят преимущественно в Южном федеральном округе, при этом основное производство сосредоточено в Краснодарском крае (82% валового сбора и 80% посевных площадей в ЮФО) [3].

В последние десятилетия отмечается значительное увеличение площадей, занятых посевами сои в Центрально-Черноземной зоне (ЦЧЗ). До недавнего времени массовое внедрение этой культуры в сельскохозяйственное производство ЦЧЗ сдерживалось вследствие отсутствия высокоурожайных сортов, адаптированных к экологическим условиям региона. Как известно по литературным источникам, участие сорта в приросте урожайности может составлять около 60%. В последние годы ученые селекционеры, научные сотрудники ведут исследования для решения проблем повышения урожайности и улучшения биохимического потенциала сои.

По данным Росстата в 2023 году в стране 3,6 млн. га было засеяно семенами сои, что на 4,6% превышает уровень 2022 года. Урожай также увеличился по сравнению с предыдущим годом – в 2023 году было собрано рекордное количество сои – 6,7 млн. т. В Центрально-Черноземном регионе лидерами по производству семян сои являются Белгородская, Курская и Орловская области.

Белгородская селекция вышла на первый уровень в рейтинге лучших сортов по объёмам высева за 2020-2021 годы. Объём высева сорта Белгородская 7 составил – 23,3 тыс. т. В

Курской области хорошую продуктивность показали сорта Аллигатор - 27,9 ц/га, Грация – 29,6 ц/га, Лиссабон – 27,9 ц/га, Севилья – 25,7 ц/га, Капнор – 31,2 ц/га [4].

В Орловской области рекомендованы к возделыванию 21 сорт и гибрид сои, в том числе сорта селекции ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур Свапа, Красивая Меча, Ланцетная, Мезенка, Шатиловская 17. Они показывают высокие показатели по урожайности, содержанию протеина, устойчивости к болезням, засухе и растрескиванию бобов. На Государственное сортоиспытание передано два новых сорта сои: Оникс 57 и Слава (2022 год). Сорта характеризуются высокой урожайностью – от 3,3 до 4,5 т/га, содержанием протеина в семенах от 40 до 43% и вегетационным периодом от 97 до 110 дней [5]. Новый сорт Орлея в 2024 году включён в Госреестр по Центральному (3) и Центрально-Чернозёмному (5) регионам.

В условиях Орловской области также успешно возделывают высокопродуктивные сорта селекции Евралис Семанс: Амфор, Изидор, Командор, Ментор, Навигатор, Сенатор, Фавор, и белорусской селекции – сорт Волма [<https://www.vrn.kp.ru/daily/28324/4468856/?ysclid=m32qz5zgh6763006359>]. Урожайность сортов составляет до 44 ц/га, уровень белка – до 42,5 %, масличность – 20-22%. Все это указывает на высокий потенциал и позволяет рассчитывать на хорошие показатели развития производства сои, как за счет расширения посевных площадей, так и возрастания урожайности.

**Цель работы** – провести сравнительную агроэкологическую оценку новых сортов сои селекции АО «Щелково Агрохим» в природно-климатических условиях севера Центрально-Черноземной зоны.

В задачи исследований входило проанализировать лабораторную и полевую всхожесть семян исследуемых сортов сои, провести фенологические наблюдения, определить элементы структуры урожая, урожайность и качество семян.

#### **Материал и методы исследований**

Исследовали 3 новых сорта сои – Бинго, Тейри и Эгида.

**Контроль – сорт Шатиловская 17** селекции ФНЦ ЗБК, рекомендованный в 2020 году к использованию в условиях Орловской области. Сорт индетерминантный. Вид (*Glycine max* (L.) Merr.). Раннеспелый, вегетационный период 105 дней. Средняя урожайность семян в регионе – 24,4 ц/га. Масса 1000 семян – 171,3 г. Содержание белка в семенах – 37,00%. Содержание масла – 21,53%.

**Сорт – Бинго** - вид (*Glycine max* (L.) Merr.). Раннеспелый, вегетационный период 95-100 дней. Растение индетерминантного типа, средней высоты (до 90 см), прямостоячее. Реализованный потенциал урожайности – 43,2 ц/га (ООО НПО «Бетагран семена», 2022 г.). Средняя урожайность семян в регионе – 28,8 ц/га. Устойчив к фузариозу, аскохитозу, ложной мучнистой росе и бактериальной пятнистости. Устойчивость к полеганию высокая. Масса 1000 семян - 166,5 г. Содержание белка в семенах – 43,4%, жира – 19,5%.

В 2024 году включён в Госреестр по Центрально-Чернозёмному (5) региону.

**Сорт – Тейри** - вид (*Glycine max* (L.) Merr.). Раннеспелый, вегетационный период – 95-100 дней. Растение индетерминантного типа, средней высоты (до 90 см), прямостоячее. Масса 1000 семян – до 200 г. Содержание белка в семенах – 39,2-40,5%. Содержание масла – 20,0%. Реализованный потенциал урожайности – 51,2 ц/га (ООО НПО «Бетагран семена», 2022г.). Устойчив к полеганию и болезням. Высокотехнологичен на факторы интенсификации. Сорт в 2022 году передан на госсортоиспытание РФ.

**Сорт Эгида** - вид (*Glycine max* (L.) Merr.). Раннеспелый. Вегетационный период – 105-113 дней. Растение индетерминантного типа, средней высоты (до 98 см), прямостоячее. Содержание белка в семенах – 39,3%. Содержание масла – 18,9%. Реализованный потенциал урожайности – 43,1 ц/га (ООО НПО «Бетагран семена», 2022 г.). Устойчив к полеганию и болезням. Сорт в 2023 году передан на госсортоиспытание РФ.

Исследования проведены в ООО НПО «Бетагран семена» в 2023-2024 гг.

Почва опытного поля представляет собой типичную для области темно-серую лесную среднесуглинистую среднекультуренную, почвообразующие и подстилающие породы –

оглеенные покровные суглинки, пятна оглеения встречаются с 75 см. Почвы имеют близкую к нейтральной реакцию в пахотном горизонте (рН – 5,7), и слабокислую – в подпахотном горизонте (рН – 5,3). По мере углубления и приближения к материнской породе происходит изменение кислотности почвенного раствора в сторону нейтральной реакции. Почвы по содержанию гумуса в верхнем горизонте расцениваются как среднеобеспеченные – от 5,25% до 5,5%. По степени кислотности и содержанию питательных веществ почвы относятся к 4-5 классу.

Пахотный слой обладает высокой степенью обеспеченности подвижным фосфором и калием (187 и 174 мг/кг соответственно). Также почва характеризуется неплохой величиной суммы поглощенных оснований (32,7 мг-экв./100 г). При приближении к материнской породе проявляется снижение по всем показателям. Почвы организации по основным физико-химическим показателям являются благоприятными для возделывания основных сельскохозяйственных культур.

Предшественник сои – озимая пшеница. Посев проводили во второй декаде мая сеялкой Клён-2,8 + МТЗ-80.2. Схема опыта: ширина – 2,8 м, длина – 13,4 м. Повторность трехкратная, площадь 1-й повторности – 37,5 м<sup>2</sup>. Способ посева – широкорядный (с междурядьями 45 см). Норма высева – 600 тыс., семян на 1 га. Глубина заделки семян 3-5 см. Уход за посевами осуществлялся с помощью опрыскивателя навесного OGR-16 + МТЗ-80.2. В период вегетации проводили фенологические наблюдения. Уборку осуществляли селекционным зерноуборочным комбайном ZÜRN 110. Учетная площадь делянки – составила – 20,1 м<sup>2</sup>, ширина – 1,5 м, длина – 13,4 м.

Осенью внесли 150 кг/га сульфата калия и 300 кг/га аммофоса, весной – 150 кг/га сульфата аммония и перед посевом 50 кг/га аммофоса. Семена перед посевом протравили фунгицидом Гераклион, 1,2 л/т и инсектицидом Имидор ПРО, 2 л/т.

В 2023 г. сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°С за период с мая по сентябрь включительно составила 2596,4°С, в 2024 г. – на 233,5°С больше (табл. 1). По количеству выпавших осадков вегетационный период 2024 года превышал на 70 мм аналогичный показатель 2023 года (выпало 265 и 195 мм соответственно).

Вегетационные периоды значительно отличались по показателю гидротермического коэффициента (ГТК) по месяцам. Так, май 2023 года согласно классификации Г.Т. Селянинова был сухим, в мае 2024 года отмечено избыточное увлажнение – ГТК=1,63. Июнь и июль в оба года были достаточно обеспечены влагой, ГТК варьировал в пределах от 1,09 до 1,29. Август 2023 г. был засушливым - ГТК=0,72 и в 2024 г. – сухим (ГТК = 0,63). В период уборки осадков не было (табл. 1).

Таблица 1

**Погодные условия вегетационного периода растений сои**

| Показатели                             | Месяцы |      |      |        |          |
|----------------------------------------|--------|------|------|--------|----------|
|                                        | Май    | Июнь | Июль | Август | Сентябрь |
| <b>2023 год</b>                        |        |      |      |        |          |
| Среднесуточная температура воздуха, С° | 12,9   | 17,1 | 19,2 | 20,3   | 15,3     |
| Количество осадков, мм                 | 17,0   | 56,0 | 77,0 | 45,0   | 0,0      |
| Гидротермический коэффициент           | 0,43   | 1,09 | 1,29 | 0,72   | 0,0      |
| <b>2024 год</b>                        |        |      |      |        |          |
| Среднесуточная температура воздуха, С° | 12,9   | 19,5 | 22,1 | 19,9   | 18,1     |
| Количество осадков, мм                 | 65,0   | 69,0 | 82,0 | 39,0   | 10,0     |
| Гидротермический коэффициент           | 1,63   | 1,18 | 1,20 | 0,63   | 0,18     |

Определение энергии прорастания и всхожести семян проводили согласно ГОСТу 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения всхожести.

Определения структуры урожая проводили за 2 дня до начала уборки. Урожайность определяли по количеству собранного зерна с учетной делянки, убранные зерноуборочным комбайном ZÜRN 110. Расчёт производили в пересчёте на стандартную влажность (14%) и

100% чистоту зерна. Определение влажности проводили согласно ГОСТ 12041. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. Масса 1000 семян была подсчитана при помощи автоматического счетчика семян «Automatic Seed Counter».

Показатели качества семенного материала, такие как протеин, клетчатка и жир, проводили согласно методическим рекомендациям группы компаний «Люмекс» к инфракрасному анализатору «ИнфраЛюм ФТ-12».

При проведении научных исследований руководствовались общепринятыми методиками (Доспехов, 1985); методические указания «Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение» (Санкт Петербург, 2018).

### Результаты и их обсуждение

#### Всхожесть и энергия прорастания

Семена, которые обладают высокой энергией прорастания, более устойчивы к неблагоприятным условиям среды, более конкурентоспособны по отношению к семенам сорных растений и возбудителям болезней.

Всхожесть - один из главных показателей посевных качеств семян, определяющий способность формировать полноценные проростки за установленный срок при определенных условиях проращивания.

Исследуемые сорта имели высокие показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести. Все образцы соответствовали показателям согласно ГОСТу 12038-84.

Лучшие результаты по энергии прорастания отмечены по сорту Тейри – 97% (табл. 2). В семенах сои сорта Тейри физиологические процессы проходят более активно по сравнению с другими, что и обеспечивает более высокую энергию прорастания семян. По показателю «лабораторная всхожесть» лидируют сорта Бинго и Тейри – 98-99%. Лабораторная всхожесть достоверно ниже у сортов Эгида и Шатиловская 17. Полевая всхожесть новых сортов одинакова и составила порядка 95%. У контрольного сорта данный показатель на 5 пунктов ниже – 90%. В целом семена всех изучаемых сортов соответствуют требованиям ГОСТа 52325-2005 (Сортовые и посевные качества семян).

Таблица 2

**Лабораторная и полевая всхожесть семян исследуемых сортов сои, %**

| Показатель \ Сорт                     | Шатиловская 17 (контроль) | Бинго     | Тейри     | Эгида     |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Энергия прорастания (лабораторная), % | 81±1,56                   | 89±1,23   | 97±1,44   | 85±1,62   |
| Всхожесть лабораторная, %             | 92±1,72                   | 98±1,34   | 99±2,00   | 95±1,36   |
| Всхожесть полевая, %                  | 90±1,26                   | 95,1±1,82 | 95,9±1,06 | 94,8±1,47 |

#### Фенологические наблюдения

В результате фенологических наблюдений были выявлены небольшие различия по сортам в наступлении и продолжительности фенологических фаз, а также в целом по продолжительности вегетационного периода в зависимости от погодных условий (табл. 3).

Наиболее короткий вегетационный период отмечен по сорту Эгида в 2024 году – 113 дней, что на 3 дня меньше по сравнению с контролем и другими сортами. Сокращение вегетационного периода в 2024 году по всем сортам на 15-18 дней обусловлено более высокой среднесуточной температурой воздуха по сравнению с 2023 годом. Так, в июле 2024 года среднесуточная температура воздуха была на 2,4°C выше, чем за аналогичный период 2023 года. В июле и сентябре превышение составило 2,9 и 2,8°C соответственно. Осадков больше выпало за вегетационный период 2024 года – 255 мм против 195 мм в 2023 году. Однако распределение по месяцам было неравномерным. В 2024 году много осадков выпало в мае – 65 мм, т.е. на 48 мм больше, чем в 2023 году. Этим объясняется и относительно поздний сев в 2024 году – 19 мая. Август и сентябрь отличались засушливыми условиями, что ускорило созревание семян сортов сои раньше, чем в 2023 году.

Таблица 3

**Результаты фенологических наблюдений**

| Фаза развития<br><br>Сорт      | Посев  | Всходы | Примордиальные<br>листья (1 пара) | Тройчатый лист |        |                  | Бутонизация | Цветение | Созревание                         |                        |            | Убор<br>ка | Вегетационный<br>Период,<br>дней |
|--------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|----------------|--------|------------------|-------------|----------|------------------------------------|------------------------|------------|------------|----------------------------------|
|                                |        |        |                                   | 1-2            | 3-4    | 5-6 ...<br>далее |             |          | Формирова<br>ние боба<br>(Лопатки) | Налив бобов<br>(семян) | Физическая |            |                                  |
| <b>2023 год</b>                |        |        |                                   |                |        |                  |             |          |                                    |                        |            |            |                                  |
| Шатиловская 17<br>(контроль)   | 12.05. | 25.05  | 30.05                             | 05.06.         | 12.06. | 22.06.           | 30.06.      | 14.07.   | 05.08.                             | 28.08                  | 17.09      | 19.09.     | 131                              |
| Бинго                          | 12.05. | 25.05. | 30.05.                            | 05.06.         | 12.06. | 22.06.           | 30.06.      | 14.07.   | 05.08.                             | 28.08.                 | 17.09.     | 19.09.     | 131                              |
| Тейри                          | 12.05. | 25.05. | 30.05.                            | 05.06.         | 12.06. | 22.06.           | 30.06       | 14.07.   | 05.08.                             | 28.08.                 | 17.09.     | 19.09.     | 131                              |
| Эгида                          | 12.05. | 25.05. | 30.05.                            | 05.06.         | 12.06. | 22.06.           | 30.06.      | 14.07.   | 05.08.                             | 28.08.                 | 17.09.     | 19.09.     | 131                              |
| <b>2024 год</b>                |        |        |                                   |                |        |                  |             |          |                                    |                        |            |            |                                  |
| Шатиловская – 17<br>(контроль) | 19.05. | 29.05  | 4.06                              | 10.06          | 18.06  | 27.06.           | 28.06.      | 10.07.   | 30.07.                             | 20.08                  | 09.09.     | 11.09.     | 116                              |
| Бинго                          | 19.05. | 29.05. | 04.06.                            | 10.06.         | 18.06. | 27.06.           | 26.06.      | 08.07.   | 28.07                              | 20.08                  | 09.09.     | 11.09.     | 116                              |
| Тейри                          | 19.05. | 29.05. | 04.06.                            | 10.06          | 18.06. | 27.06.           | 26.06       | 08.07.   | 28.07                              | 20.08                  | 09.09.     | 11.09.     | 116                              |
| Эгида                          | 19.05. | 29.05. | 04.06.                            | 10.06.         | 18.06. | 27.06.           | 26.06.      | 08.07.   | 28.07                              | 20.08                  | 09.09.     | 08.09.     | 113                              |

Несмотря на то, что в 2024 году посеяли семена сои на неделю позже, у всех сортов фазы бутонизации и цветения наступили на 3-4 дня раньше, фазы формирования и налива бобов – соответственно на 6 и 9 дней раньше, и физическая спелость отмечена на 8 дней раньше по сравнению с 2023 годом. В результате вегетационный период в 2023 году по всем сортам составил 131 день от посева до уборки, в 2024 году у сортов Шатиловская 17, Бинго и Тейри – 116 дней, у сорта Эгида – 113 дней.

### Структура урожая, урожайность и качество семян сортов сои

Продукционный процесс изучаемых сортов сои определялся многими параметрами, на которые значительное влияние оказали условия среды. Структурный анализ растений сортов сои позволил выявить отличия в элементах продуктивности (табл. 4).

Высота растений изучаемых сортов составила от 105 до 108 см, т.е. на уровне сорта Шатиловская 17. Максимальное количество бобов и семян с растения в 2023 году получено по сортам Бинго и Эгида – по 25 бобов, 45,0 и 47,5 штук семян соответственно. У сорта Тейри эти показатели отмечены на уровне контроля.

В 2024 году по данным показателям новые сорта достоверно превысили контрольный сорт. Максимальное количество бобов и семян с растения получено по сорту Тейри – 34 и 68 штук соответственно.

Таблица 4

#### Характеристика сортов сои по основным хозяйственно ценным признакам

| Сорт \ Показатель                             | Шатиловская 17<br>(контроль) | Бинго     | Тейри     | Эгида     |
|-----------------------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>2023 год</b>                               |                              |           |           |           |
| Высота растения, см                           | 110±3,8                      | 108±4,1   | 108±4,3   | 105±4,8   |
| Среднее количество бобов на растении, шт.     | 22±1,2                       | 25±1,4    | 22±1,3    | 25±1,4    |
| Среднее количество семян с растения шт.       | 41,8±2,8                     | 45,0±2,0  | 44,0±2,2  | 47,5±2,5  |
| Среднее количество семян в бобе, шт.          | 1,9±0,2                      | 1,8±0,2   | 2,0±0,3   | 1,9±0,2   |
| Масса 1000 семян, г                           | 171,0±3,0                    | 175,0±2,1 | 185,0±3,3 | 180,0±2,6 |
| Урожайность, ц/га<br>НСР <sub>05</sub> – 2,21 | 29,62                        | 32,06     | 36,41     | 35,66     |
| <b>2024 год</b>                               |                              |           |           |           |
| Высота растения, см                           | 110±4,0                      | 108±3,1   | 108±3,4   | 105±3,8   |
| Среднее количество бобов на растении, шт.     | 20±1,7                       | 22±1,9    | 34±2,1    | 22±1,8    |
| Среднее количество семян с растения шт.       | 40,0±1,2                     | 41,8±1,3  | 68,0±1,8  | 44,0±1,4  |
| Среднее количество семян в бобе, шт.          | 2,0±0,4                      | 1,9±0,3   | 2,0±0,4   | 2,0±0,3   |
| Масса 1000 семян, г                           | 165,0±2,2                    | 180,0±3,1 | 183,0±3,0 | 183,0±2,8 |
| Урожайность, ц/га<br>НСР <sub>05</sub> – 2,14 | 43,84                        | 40,36     | 41,86     | 40,62     |
| Урожайность средняя за 2023-2024 гг., ц/га    | 36,73                        | 36,21     | 39,14     | 38,14     |

По показателю «масса 1000 семян» в оба года новые сорта превышали сорт Шатиловская 17. Так, в 2023 году отмечено увеличение данного показателя у сортов Бинго, Эгида и Тейри на 4; 9 и 14 г. В 2024 году – на 15; 18 и 18 г соответственно.

Урожайность новых сортов сои в 2023 году составила от 32,06 ц/га у сорта Бинго до 36,41 ц/га у сорта Тейри. Все изучаемые сорта превысили по урожайности сорт Шатиловская 17 (29,62 ц/га).

В 2024 году прибавка по отношению к предыдущему году составила у контрольного сорта 14,22 ц/га или 48%. У сорта Бинго – 25,9%, сорта Тейри – 15,0% и у сорта Эгида – 13,9%. Урожайность новых сортов сои в 2024 году была ниже по сравнению с контрольным сортом.

В среднем за два года урожайность сортов Бинго и Эгида отмечена на уровне сорта Шатиловская 17. У сорта Тейри выявлена урожайность на 2,41 ц/га выше. У новых сортов сои выявлена более узкая норма реакции на погодные условия по сравнению с контрольным сортом, что подтверждается меньшим варьированием урожайности по годам.

Определение качественных показателей в зерне сортов сои показало, что погодные условия оказали существенное влияние. Причем, сорта неоднозначно реагировали на динамику среднесуточных температур и количество осадков по годам. Так, в зерне сортов Бинго и Тейри в 2023 году протеина накопилось на уровне контрольного сорта (табл. 5). В условиях 2024 года данные сорта уступили сорту Шатиловская 17 по накоплению протеина на 2,88 и 1,97% соответственно. Сорт Эгида по данному показателю превысил контроль в оба года: в 2023 году - на 2,94%. в 2024 году - на 1,65%. В целом, кроме сорта Бинго, у всех сортов в 2024 году отмечено большее накопление протеина по сравнению с 2023 годом,

Таблица 5

**Качественные характеристики зерна сортов сои**

| Сорт              | Показатель | Протеин, % |         | Жир, %  |         | Клетчатка, % |         |
|-------------------|------------|------------|---------|---------|---------|--------------|---------|
|                   |            | 2023 г.    | 2024 г. | 2023 г. | 2024 г. | 2023 г.      | 2024 г. |
| Шатиловская       | 17         | 35,22      | 37,76   | 21,23   | 19,26   | 14,47        | 14,30   |
| (контроль)        |            |            |         |         |         |              |         |
| Бинго             |            | 35,12      | 34,88   | 19,01   | 20,17   | 14,85        | 13,43   |
| Тейри             |            | 34,32      | 35,79   | 19,40   | 20,64   | 15,62        | 14,33   |
| Эгида             |            | 38,16л     | 39,41   | 19,52   | 20,30   | 17,37        | 18,28   |
| НСР <sub>05</sub> |            | 1,90       | 1,62    | 1,49    | 1,22    | 1,74         | 1,68    |

По содержанию жира в зерне в 2023 году новые сорта сои уступали сорту Шатиловская 17. В 2024 году по данному показателю сорта Бинго и Эгида были на уровне контроля, по сорту Тейри отмечен достоверно лучший результат на 1,38%. В 2024 году по всем сортам выявлено большее накопление жира, чем в 2023 году. Повышенные среднесуточные температуры 2024 года были более благоприятными для накопления жира для всех изучаемых новых сортов, т.к. его содержание увеличилось.

Это согласуется с результатами других исследователей, которые констатировали, что в фазу налива зерна в семенах сои накапливается больше основных нутриентов в условиях жаркой и сухой погоды по сравнению с высокой влажностью и пониженными температурами [6-7].

В среднем за два года у сортов Бинго и Тейри содержание протеина меньше на 1,49 и 1,48% соответственно по сравнению с Шатиловской 17. Сорт Эгида превысил на 2,3% по данному показателю контроль. По содержанию жира между сортами разницы нет, варьирование в пределах 0,7%.

Содержание клетчатки в зерне сортов сои Бинго и Тейри выявлено на уровне контрольного сорта Шатиловская 17. Достоверно больше клетчатки накапливалось в оба года в зерне сорта Эгида: в 2023 г. - на 2,9%, и в 2024 г. – на 4,0% относительно контроля.

**Заключение**

Таким образом, выявлены сортовые особенности по отзывчивости новых сортов сои Бинго, Тейри и Эгида на погодные условия вегетационного периода. Это проявляется в наступлении фенологических фаз развития растений, формировании урожайности и качества семян. Так, в 2024 году вегетационный период новых сортов сои, как и контрольного сорта Шатиловская 17, сократился на 15-18 дней; прибавка урожайности по отношению к предыдущему году составила у контрольного сорта 48%, у сорта Бинго - 25,9%, сорта Тейри – 15,0% и у сорта Эгида – 13,9%, что обусловлено большей на 233,5°С суммой активных температур.

В среднем за два года урожайность сортов Бинго и Эгида (36,21 и 38,14 ц/га

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (52) 2024 г. соответственно) отмечена на уровне сорта Шатиловская 17 (36,73 ц/га). У сорта Тейри выявлена урожайность на 2,41 ц/га выше (39,14 ц/га). Изучаемые сорта в годы исследований полностью созрели во второй декаде сентября.

В среднем за два года у сортов Бинго и Тейри содержание протеина меньше на 1,49 и 1,48% соответственно по сравнению с Шатиловской 17. Сорт Эгида превысил на 2,3% по данному показателю контроль. По содержанию жира между сортами разница не выявлена, варьирование показателя в пределах 0,7%.

**Исследования проведены в рамках Государственного задания FEEF-2023-0007 рег. номер 123091100032-6 на тему «Изучение отзывчивости современных сортов сои на химико-техногенные и биологизированные факторы растениеводства».**

### Литература

1. Бельшклина М.Е. Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении // Природообустройство. – 2018. – № 2. – С. 65-73. DOI 10.26897/1997-6011/2018-2-65-73.
2. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ / Орел: «Изд-во Картуш». – 2019. – 318 с.
3. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3 (47). – С. 25-33. DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-25-33.
4. Сидорова Е.К., Федосеева В.В. Эффективное увеличение производственных посевов под соей в Орловской области, обладающими высоким процентным содержанием белка и жира в соевых бобах // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 1 (100). – С. 154-160. DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.1.154. EDN WWSPZC.
5. Ятчук П.В. Изучение некоторых элементов технологии возделывания перспективных сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1 (45). – С. 59-66. DOI 10.24412/2309-348X-2023-1-59-66. - EDN WFGXRK.
6. Головина Е.В., Зеленев А.А., Беляева Р.В. Физиологические механизмы формирования продуктивности и адаптивности у сортов сои в контрастных метеорологических условиях // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 29-32. DOI 10.24411/0044-3913-2019-10407. - EDN KQVUZA.
7. Зубарева К.Ю., Бобков С.В., Хрыкина Т.А. Влияние органоминеральных микроудобрений на накопление белка в органах растений и качество зерна сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1 (41). – С. 13-20. DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-13-20.

### References

1. Belyshkina M.E. The problem of plant protein production and the role of grain legumes in its solution. *Nature Management*. 2018, no. 2, pp. 65-73. DOI 10.26897/1997-6011/2018-2-65-73.
2. Golovina E.V., Zotikov V.I. Production process and adaptive reactions to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the Central Chernozem region of the Russian Federation. Orel: 'Kartush' Publ., 2019, 318 p.
3. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E., Bolsheva K.K. Soybean production in the Russian Federation: main trends and prospects for development. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019, no. 3 (47), pp. 25-33. DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-25-33.
4. Sidorova E.K., Fedoseeva V.V. Effective increase of production crops under soybean in the Orel region, which have a high percentage of protein and fat content in soya beans. *Bulletin of Agrarian Science*. 2023, no. 1(100), pp. 154-160, DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.1.154, EDN WWSPZC.
5. Yatchuk P.V. Study of some elements of cultivation technology of promising varieties of soybean. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2023, no. 1(45), pp. 59-66, DOI 10.24412/2309-348X-2023-1-59-66, EDN WFGXRK
6. Golovina E.V., Zelenov A.A., Belyaeva R.V. Physiological mechanisms of productivity formation and adaptability in soybean varieties in contrasting meteorological conditions. *Zemledelie*. 2019, no. 4, pp. 29-32. DOI 10.24411/0044-3913-2019-10407. EDN KQVUZA.
7. Zubareva K.Yu., Bobkov S.V., Khrykina T.A. Effect of organomineral microfertilisers on protein accumulation in plant organs and grain quality of soybean. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022, no.1 (41), pp. 13-20. DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-13-20.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МИКРОУДОБРЕНИЯ ОРАКУЛ МУЛЬТИКОМПЛЕКС ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ В УСЛОВИЯХ ЦЧР РФ

**О.В. ЛЕУХИНА**, научный сотрудник, аспирант, ORCID ID:0009-0005-7643-9831

E-mail: oxana\_leukhina@mail.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** В условиях значительного снижения применения минеральных удобрений при переходе к экологическому земледелию отечественное земледелие проявляет интерес в использовании альтернативных агротехнологий, направленных на обеспечение растений дополнительными источниками минерального питания. Отмечается важность микробиологических препаратов и микроудобрений, способных повысить стойкость сои к болезням и стрессам, компенсировать недостаток питательных элементов в критические фазы роста и развития, а также увеличить ее продуктивность.

Цель исследования состояла в изучении воздействия Ризоторфина и комплексного органоминерального микроудобрения Оракул мультикомплекс на урожайность и качество зерна новых перспективных сортов сои. В 2022-2024 году исследования проводились на сорте с детерминантным типом роста стебля Орлея селекции ФНЦ ЗБК и индетерминантном сорте Лидер 10 селекции ООО «АСТ».

Отмечено положительное влияние технологических приемов на рост и развитие новых сортов сои: высота растения в среднем за 3 года увеличивалась на 4,15-11,41% у сорта Орлея и 5,98-13,90% у сорта Лидер 10. Причем наибольший эффект 11,00 % и 14,00 % у обоих сортов наблюдался при совместном применении инокуляции и Оракула мультикомплекс. В зависимости от обработки длина корня возрастала по сравнению с контролем у сорта Орлея на 5,74-9,72%, у сорта Лидер 10 на 6,90-15,34%. На формирование сухой массы растений наиболее эффективно влияло применение Оракул мультикомплекс: наибольшая сухая надземная масса составила 2,13 г/растение у Орлея и 2,6 г/растение у Лидера 10, сухая масса корня – 0,42 г/растение (Орлея) и 0,52 г/растение (Лидер 10). Максимальное количество клубеньков 18,90 шт./растение и наибольшая сухая масса клубеньков 37,00 мг/растение сформировано у Орлея в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс; у Лидера 10 в варианте с инокуляцией – 18,97 шт./растение и с некорневой подкормкой – 48,64 мг/растение соответственно. В среднем за 3 года у исследуемых сортов количество продуктивных бобов росло на 24,52-65,88%, количество семян – от 28,82% до 67,28% в зависимости от варианта. Лидер 10 в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс отличался максимальным количеством продуктивных бобов (52,40 шт.) и семян (112,68 шт.). Максимальная урожайность отмечена у сорта Орлея при использовании Ризоторфина 2,74 т/га. У сорта Лидер 10 максимальное содержание сырого протеина в зерне 45,83-46,33% в среднем за 3 года.

Установлена корреляция на высоком и среднем уровне между количеством клубеньков и урожайностью в 2022 году  $r=0,85$  и 2023 году  $r=0,52$ , между сухой массой клубеньков и содержанием сырого протеина в семенах сои в 2022 году  $r=0,79$ , в 2023 году  $r=0,52$ . В 2024 году отмечена корреляция на среднем уровне между количеством клубеньков и содержанием сырого протеина  $r=0,34$ .

**Ключевые слова:** соя, некорневые подкормки, симбиотические признаки, сырой протеин, сырой жир, урожайность.

**Для цитирования:** Леухина О.В. Эффективность применения комплексного микроудобрения Оракул мультикомплекс при выращивании сои в условиях ЦЧР РФ. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 4(52):76-86. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-76-86

**EFFICIENCY OF APPLICATION OF COMPLEX MICROFERTILISER ORACLE MULTICOMPLEX IN SOYBEAN CULTIVATION IN CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**O.V. Leukhina**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** *In the context of a significant reduction in the use of mineral fertilizers during the transition to ecological land use, domestic agriculture is interested in using alternative agricultural technologies aimed at providing plants with additional sources of mineral nutrition. The importance of microbiological preparations and microfertilizers that can increase soybean resistance to diseases and stress, compensate for the lack of nutrients in critical phases of growth and development, and increase its productivity is noted.*

*The aim of the study was to study the effect of Rizotorfin and complex organomineral microfertilizer Oracle multicomplex on the yield and grain quality of new promising soybean varieties. In 2022-2024, the studies were carried out on the variety with a determinate type of stem growth Orleya bred by the Federal Scientific Center of Plant Breeding and the indeterminate variety Leader 10 bred by AST LLC.*

*The positive influence of technological methods on the growth and development of new soybean varieties was noted: plant height increased by 4.15-11.41% on average for 3 years in the variety Orleya and 5.98-13.90% in the variety Leader 10. Moreover, the highest effect of 11.00 % and 14.00 % in both varieties was observed in the combined application of inoculation and Oracle multicomplex. Depending on the treatment, root length increased compared to the control in the variety Orlea by 5.74-9.72% and in the variety Leader 10 by 6.90-15.34%. The formation of plant dry mass was most effectively influenced by the application of Oracle multicomplex: the highest aboveground dry mass was 2.13 g/plant in Orlea and 2.6 g/plant in Leader 10, root dry mass was 0.42 g/plant (Orlea) and 0.52 g/plant (Leader 10). The maximum number of nodules 18.90 pcs/plant and the highest dry mass of nodules 37.00 mg/plant were formed in Orlea in the variant Rhizotorfin+Oracle multicomplex; in Leader 10 in the variant with inoculation - 18.97 pcs/plant and with foliar feeding - 48.64 mg/plant, respectively. On average for 3 years in the studied varieties the number of productive beans increased by 24.52-65.88%, the number of seeds - from 28.82% to 67.28% depending on the variant. Leader 10 in the variant Rhizotorfin+Oracle multicomplex was distinguished by the maximum number of productive beans (52.40 pieces) and seeds (112.68 pieces).*

*The maximum yield was observed in the variety Orlea when using Rizotorfin 2.74 tonnes/ha. The variety Leader 10 had maximum crude protein content in grain 45.83-46.33% on average for 3 years.*

*A high to medium level correlation was found between nodule number and yield in 2022  $r=0.85$  and 2023  $r=0.52$ , between nodule dry weight and crude protein content of soybean seeds in 2022  $r=0.79$ , in 2023  $r=0.52$ . In 2024, a medium level correlation was observed between nodule number and crude protein content  $r=0.34$ .*

**Keywords:** soybean, foliar top dressing, symbiotic signs, crude protein, crude fat, yield.

### **Введение**

В последние годы повышенный интерес для сельского хозяйства представляют зернобобовые культуры, играющие важную роль в аграрном секторе и пищевой промышленности. Особое внимание уделяется сое, как одной из важнейших зернобобовых культур. Она вошла в мировое земледелие и обосновано позиционируется в качестве стратегически важной культуры в решении глобальной проблемы в области продовольственной безопасности [1-4].

Как высокобелковая культура соя занимает одно из приоритетных позиций в земледелии, ее важное продовольственное, кормовое и агротехническое значение трудно переоценить. Достоинство белка сои заключается в его качественном составе, содержание незаменимых

аминокислот в котором практически не уступает белкам животного происхождения. Белок в семенах сои колеблется в зависимости от сорта и условий выращивания в диапазоне от 35 до 46 % и характеризуется высокой усвояемостью, хорошей растворимостью в воде. Кроме того, семена сои содержат около 27 % жира, значительное количество углеводов и витаминов (А, D, С, Е, группы В) [5-7].

Высокое агрономическое значение сои обусловлено способностью создавать высокоэффективный бобово-ризобийный симбиоз с клубеньковыми бактериями, способствующий накоплению биологических форм азота за счет световой энергии, аккумулируемой растением и повышению уровня почвенного плодородия. Это свойство является ключевым при переходе к экологически сбалансированному земледелию (sustainable) и биологизации производства, и поэтому заслуживает повышенного внимания. В условиях значительного снижения применения минеральных удобрений отечественное земледелие проявляет интерес к использованию альтернативных агротехнологий, направленных на обеспечение растений дополнительными источниками минерального питания [6-10].

Одним из наиболее эффективных подходов к решению проблем, связанных с получением стабильных урожаев и максимальной реализацией потенциала сои в настоящее время является оптимизация условий питания растений, включающего не только макро -, но и микроэлементы. Большое значение приобретает использование микроудобрений, которые позволяют компенсировать недостаток питательных элементов в критические фазы роста и развития, повышают устойчивость сои к патогенам и стрессовым условиям, оказывают положительное влияние на количество и качество урожая. В связи с этим вопрос изучения воздействия некорневых подкормок микроудобрениями на растения новых сортов сои с учетом их биологических особенностей, с целью создания благоприятных условий для роста и развития является актуальным [11-13].

**Цель исследований** – изучение воздействия Ризоторфина и комплексного органоминерального микроудобрения Оракул мультикомплекс на урожайность и качество зерна новых перспективных сортов сои.

#### **Материал и методы исследований**

Исследования проводились в полевых условиях на экспериментальном участке Селекционно-семеноводческого центра сои ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Материалом для исследований служили сорт детерминантного типа роста стебля Орлея (включен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2024 году по Центральному и Центрально-Черноземному регионам, оригинатор ФНЦ ЗБК) и индетерминантный сорт Лидер 10 (внесен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2020 году по Центрально-Черноземному региону, оригинатор ООО «АСТ»).

Почва опытного участка темно-серая лесная, среднесуглинистого механического состава средне окультуренная, с содержанием гумуса 4-6%, мощностью гумусового горизонта 30-35 см, рН солевой вытяжки – 5,3-6,0 (слабокислые), с содержанием обменного калия 7-15 мг/100 г почвы и подвижного фосфора 6,8-16,5 мг/100 г почвы. Агротехника общепринятая для региона.

Сорта сои высевали широкорядным способом (ширина междурядий 45 см) с рендомизированным размещением делянок площадью 10 м<sup>2</sup>. Норма посева – 600 тыс. всхожих семян на гектар. Посев опытных делянок был проведен в 2022 году - 25 мая, в 2023 - 12 мая и 18 мая в 2024 году сеялкой Клен-1,5. Уборку сои проводили прямым комбайнированием, поделяночно комбайном Zürn 150 в фазу полной спелости 8 октября в 2022 году, 22 сентября - в 2023 и 15 сентября – в 2024 году. Урожайность учитывали поделяночно.

#### **Схема опыта:**

**Фактор А** – сорт: Орлея, Лидер 10.

**Фактор В** – технологические приемы:

1. инокуляция семян сои препаратом Ризоторфин, содержащим штаммы ризобий 634а, 250 г на гектарную норму семян в день посева;

2. листовые подкормки органо-минеральным удобрением Оракул мультикомплекс 2,0 л/га в фазы 3-5 тройчатых листьев, бутонизации, формирования бобов;

3. инокуляция семян сои Ризоторфином (штаммы ризобий 634а, 250 г на гектарную норму семян в день посева) + листовые подкормки Оракул мультикомплекс (2,0 л/га в фазы 3-5 тройчатых листьев, бутонизации, формирования бобов).

Применяемое при листовой подкормке органо-минеральное удобрение Оракул мультикомплекс обеспечивает растения важными питательными компонентами, необходимые для их наилучшего роста и развития. Оно включает в себя как макро-, так и микроэлементы в хелатной и других формах, которые легко усваиваются растениями. В состав микроудобрения входит: N – 100 г/л, P – 66 г/л, K – 44 г/л, B – 6 г/л, Cu – 8 г/л, Fe – 6 г/л, Mn – 6 г/л, Zn – 8 г/л, Mo – 0,12 г/л, S – 36 г/л, Co – 0,05 г/л.

В проведённых исследованиях осуществлялись учёты и наблюдения, соответствующие действующим методическим указаниям: отбор проб для анализа в период бутонизация-цветение, фазу налива бобов и фазу полной спелости проводился по Методике агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами [14], изучение симбиотической деятельности - по Посыпанову Г.С, 1991, определение нитрогеназной активности симбиотических азотфиксирующих бактерий осуществляли на портативном хроматографе ФГХ-1. Биохимический анализ семян сои осуществлялся на инфракрасном анализаторе Infratec 1241 (программа SO 090711) (FOSS, Denmark), учет урожайности осуществляли согласно Методики ВИР, Ленинград, 1988.

Закладка опыта и математическая обработка полученных данных проводилась с использованием компьютерных программ Microsoft office Excel по методике полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований (Доспехов Б. А., 2011).

В мае 2022 года температура ниже на 2-3°C относительно среднесезонных значений, при этом объем осадков составил 121-156% от нормы (табл.1). Это привело к задержке всходов растений сортов сои. С июня по конец августа в генеративный период условия для развития сои значительно улучшились: температура на 1,5-6,0°C превысила среднесезонную норму, а влажность находилась в оптимальных пределах.

Тем не менее, в сентябре, в период созревания, гидротермические условия изменились в худшую сторону: температура была ниже нормы на 1,0-4,5°C, а количество осадков превысило норму на 300%. Это негативно отразилось на урожайности и качестве зерна.

Таблица 1

**Гидротермические условия вегетационного периода сои в годы исследований, г. Орел**

| Показатели                               | Месяцы |      |      |        |          |
|------------------------------------------|--------|------|------|--------|----------|
|                                          | май    | июнь | июль | август | сентябрь |
| Средняя температура воздуха за месяц, °C |        |      |      |        |          |
| Средняя многолетняя                      | 13,8   | 16,8 | 18,0 | 17,0   | 11,7     |
| 2022 г.                                  | 11,5   | 19,1 | 19,1 | 21,8   | 9,9      |
| 2023 г.                                  | 11,6   | 17,1 | 19,2 | 20,3   | 15,3     |
| 2024 г.                                  | 12,9   | 19,5 | 22,1 | 21,3   | 18,1     |
| Количество осадков за месяц, мм          |        |      |      |        |          |
| Среднее многолетнее                      | 51,0   | 73,0 | 81,0 | 63,0   | 67,0     |
| 2022 г.                                  | 51,1   | 52,5 | 63,5 | 32,2   | 111,0    |
| 2023 г.                                  | 16,8   | 55,9 | 77,3 | 43,9   | 0,0      |
| 2024 г.                                  | 65,9   | 67,4 | 79,5 | 39,2   | 10,0     |

В 2023 году в мае и 1 декаде июня (посев, всходы, 1 настоящий лист) сложились неблагоприятные условия: температура ниже нормы на 0,5-1,0°C, осадки отсутствовали или составляли от 4,0% до 50,0% нормы. В 1 и 2 декаде июля (цветение – начало плодообразования) количество осадков составило 25,0% от нормы. В третью декаду июля (налив бобов) температура ниже нормы на 0,9°C, осадков выпало 204,0% нормы. В период

налива бобов сое требуется теплые погодные условия и пониженная влагообеспеченность. То есть в 2023 году климатические условия для сои были не самыми благоприятными.

В 2024 году в течение вегетации осадки распределялись неравномерно. В мае, в 1-2 декаде июня, в 1 декаде июля их количество было в пределах нормы или выше. В 3 декаде июня (бутонизация), во 2 декаде июля (начало плообразования) выпало 44,0-64,0 % осадков от климатической нормы. В 3 декаду июля и в 1 декаду августа (налив бобов) температура ниже нормы на 0,7-1,4°C.

#### Результаты исследований и их обсуждение

В 2022-2024 годах изучено влияние Ризоторфина, микроудобрения Оракул мультикомплекс и совместного применения препаратов на рост и развитие новых сортов сои. Анализ биометрических показателей растений сои свидетельствует о положительном воздействии технологических приемов.

В межфазный период бутонизация-начало цветения в среднем за 3 года длина стебля у растений сои колебалась от 20,57 см у сорта Лидер 10 в контрольном варианте до 27,63 см у сорта Орлея в варианте с предпосевной обработкой Ризоторфином и листовыми подкормками по вегетирующим растениям Оракулом мультикомплекс; среднее значение по сортам этого признака составило 24,32 см (табл. 2). Обработки повышали длину стебля во всех вариантах на 4,20-11,41% у сорта Орлея и на 6,00-13,90% у сорта Лидер 10 от контроля. Причем наибольший эффект 11,0 % и 14,0% у обоих сортов наблюдался при совместном применении Ризоторфина и Оракула мультикомплекс.

Длина корня варьировала от 22,17 см у Лидера 10 в контроле до 25,57 см у этого же сорта в варианте с листовыми подкормками Оракул мультикомплекс. У Орлея этот показатель изменялся от 22,63 см в контроле до 24,83 см в варианте с инокуляцией.

В зависимости от обработки корень увеличивался по сравнению с контролем у сорта Орлея на 5,74-9,72%, у сорта Лидер 10 на 6,90-15,34%.

Таблица 2

#### Хозяйственно ценные признаки сортов сои. Бутонизация – начало цветения. Расчет на 1 растение. 2022-2024 г.

| Вариант                          | Высота растения, см | Длина корня, см | Сухая масса, г |       | Количество клубеньков, шт. | Сухая масса клубеньков, мг/растение |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|-------|----------------------------|-------------------------------------|
|                                  |                     |                 | надземная      | корня |                            |                                     |
| <b>Орлея</b>                     |                     |                 |                |       |                            |                                     |
| Контроль                         | 24,80               | 22,63           | 1,70           | 0,35  | 12,13                      | 18,36                               |
| Ризоторфин                       | 27,30               | 24,83           | 1,79           | 0,40  | 16,00                      | 23,65                               |
| Оракул мультикомплекс            | 25,83               | 23,93           | 2,13           | 0,42  | 16,33                      | 29,44                               |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 27,63               | 24,47           | 1,72           | 0,32  | 18,90                      | 37,00                               |
| <b>Лидер 10</b>                  |                     |                 |                |       |                            |                                     |
| Контроль                         | 20,57               | 22,17           | 1,96           | 0,42  | 11,43                      | 25,51                               |
| Ризоторфин                       | 21,80               | 23,70           | 2,15           | 0,44  | 18,97                      | 38,45                               |
| Оракул мультикомплекс            | 23,13               | 25,57           | 2,57           | 0,52  | 18,40                      | 48,64                               |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 23,43               | 25,43           | 2,23           | 0,48  | 13,17                      | 26,24                               |
| $\bar{x}$                        | 24,32               | 24,09           | 2,03           | 0,42  | 15,67                      | 30,91                               |

Обработка семян и некорневые подкормки в большинстве вариантов приводили к росту массы сухого вещества у всех сортов: показатели надземной массы увеличивались в среднем по вариантам на 15,29% (Орлея) и 18,20% (Лидер 10), сухой массы корня – на 17,15% (Орлея)

и 14,29% (Лидер 10). Максимальные показатели отмечены у Лидер 10 с применением листовой подкормки (25,57 см), минимальные – в контроле (22,17 см). Наиболее эффективным оказалось применение Оракул мультикомплекс: наибольшая сухая надземная масса у обоих сортов составила 2,13 г/растение (Орлея) и 2,6 г/растение (Лидер 10), сухая масса корня – 0,42 г/растение (Орлея) и 0,52 г/растение (Лидер 10).

В опытных вариантах сорта сои характеризовались высокой массой и количеством клубеньков. Количество клубеньков сортов сои колебалось от 11,43 шт. (Лидер 10, контроль) до 18,97 шт. (Лидер 10, Ризоторфин). Сухая масса клубеньков была в пределах 18,36 мг/растение (Орлея, контроль) – 38,45 мг/растение (Лидер 10, Ризоторфин).

Инокуляция семян сортов сои Ризоторфином и листовая подкормка Оракулом мультикомплекс способствовала формированию более развитого и активного симбиотического аппарата по сравнению с контролем без обработки: за 3 года исследования количество клубеньков возрастало у Орлеи на 31,90-55,81%, у Лидера 10 – на 15,22-65,97%. Сухая масса клубеньков была в пределах 18,36 мг/растение (Орлея, контроль) – 48,64 мг/растение (Лидер 10, вариант с обработкой Оракул мультикомплекс). Максимальное количество клубеньков 18,90 шт./растение и наибольшая сухая масса клубеньков 37,0 мг/растение сформировано у Орлеи в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс; у Лидера 10 в варианте с инокуляцией – 18,97 шт./растение и в варианте с некорневой подкормкой – 48,64 мг/растение соответственно.

Для полной оценки эффективности технологических приемов в 2022-2024 годы в фазу полной спелости исследовали показатели структурных элементов урожая (табл.3).

В ходе 3-х летних исследований наблюдалось, что с ранних стадий развития у детерминантного сорта Орлея отмечалось активное увеличение стебля в длину. В то же время, сорт Лидер 10 с индетерминантным типом роста стебля в начальные стадии развития отставал по данному показателю, однако к моменту полной спелости превзошел сорт Орлея. Максимальная длина стебля зафиксирована у Лидера 10 при совместном применении препаратов 99,87 см, минимальная – у Орлеи в варианте с листовой подкормкой 82,20 см. В среднем по сортам и вариантам длина стебля составила 90,66 см.

В среднем за 2022-2024 гг. расстояние до 1-го боба в вариантах с технологическими приемами снижалось на 0,33-1,66 см. У сорта Орлея данный показатель уменьшался в варианте с совместным применением инокуляции и листовых подкормок до 11,67 см, у сорта Лидер 10 – до 10,73 см в варианте с инокуляцией.

Таблица 3

**Хозяйственно ценные признаки сортов сои.  
Полная спелость. Расчет на 1 растение. 2022-2024 г.**

| Вариант                          | Высота растения, см | Расстояние до 1-го боба, см | Количество, шт.    |        |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|--------|
|                                  |                     |                             | продуктивных бобов | семян  |
| <b>Орлея</b>                     |                     |                             |                    |        |
| Контроль                         | 86,87               | 13,33                       | 21,04              | 46,92  |
| Ризоторфин                       | 90,47               | 13,00                       | 26,20              | 60,44  |
| Оракул мультикомплекс            | 82,20               | 11,73                       | 33,39              | 75,28  |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 79,27               | 11,67                       | 33,84              | 78,49  |
| <b>Лидер 10</b>                  |                     |                             |                    |        |
| Контроль                         | 91,92               | 12,13                       | 31,59              | 70,04  |
| Ризоторфин                       | 96,67               | 10,73                       | 41,79              | 93,16  |
| Оракул мультикомплекс            | 98,00               | 11,80                       | 42,89              | 93,41  |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 99,87               | 11,40                       | 52,40              | 112,68 |
| х                                | 90,66               | 11,97                       | 35,39              | 78,80  |

В среднем за 3 года обработка семян ризобиями и листовые подкормки микроудобрением Оракул мультикомплекс увеличивали количество продуктивных бобов на 24,52-65,88%, количество семян – от 28,82% до 67,28%, в зависимости от варианта.

Лидер 10 в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс отличался максимальным количеством продуктивных бобов и семян, которое составило 52,40 шт. и 112,68 шт. соответственно.

Необходимо отметить, что инокуляция совместно с листовыми подкормками более эффективно влияла на рост хозяйственно ценных признаков у всех исследуемых сортов.

Инокуляция и некорневые подкормки микроудобрением Оракул мультикомплекс оказывали положительное влияние на урожай зерна (табл. 4).

По 3-х летним данным у Орлея зерновая продуктивность в вариантах с технологическими приемами возрастала на 4,00-7,00%, достигая 2,66-2,74 т/га. У Лидера 10 урожайность выросла в вариантах с инокуляцией и листовой подкормкой на 5,00-6,00%, что составило 2,44-2,47 т/га. В случае совместного применения инокуляции и микроудобрения урожайность в 2022 г. ниже контроля, что произошло вследствие оттока ассимилятов на развитие мощной листовой поверхности и формирование высокой массы вегетативных органов в условиях с достаточным увлажнением. В результате средняя урожайность за 3 года в этом варианте на уровне контроля. Это можно объяснить тем, что в 2022 году в фазу налива бобов в среднем по сортам площадь листьев составляла 114,41 тыс.м<sup>2</sup>/га, что выше чем в 2023 году и 2024 году на 22,90 тыс.м<sup>2</sup>/га и 18,66 тыс.м<sup>2</sup>/га; сухая надземная масса составляла 13,83 т/га – выше на 1,75 т/га и 0,94 т/га соответственно. Максимальная урожайность в среднем за 3 года отмечена у сорта Орлея в варианте с Ризоторфином 2,74 т/га.

Таблица 4

Урожайность зерна сортов сои, т/га

| Вариант                          | 2022 | 2023 | 2024 | $\bar{x}$ |
|----------------------------------|------|------|------|-----------|
| <b>Орлея</b>                     |      |      |      |           |
| Контроль                         | 1,72 | 2,51 | 3,44 | 2,56      |
| Ризоторфин                       | 1,79 | 2,76 | 3,68 | 2,74      |
| Оракул мультикомплекс            | 1,85 | 2,56 | 3,63 | 2,68      |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 1,82 | 2,70 | 3,45 | 2,66      |
| <b>Лидер 10</b>                  |      |      |      |           |
| Контроль                         | 1,29 | 2,48 | 3,22 | 2,33      |
| Ризоторфин                       | 1,44 | 2,76 | 3,21 | 2,47      |
| Оракул мультикомплекс            | 1,38 | 2,62 | 3,31 | 2,44      |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 1,22 | 2,51 | 3,28 | 2,34      |
| $\bar{x}$                        | 1,56 | 2,61 | 3,40 | 3,52      |
| НСР <sub>05</sub>                | 0,29 | 0,26 | 0,35 |           |

Установлена корреляция на высоком уровне по количеству клубеньков и урожайности в 2022 году  $r=0,85$  и на среднем уровне в 2023 году  $r=0,52$ . В 2024 году корреляция между этими показателями отсутствовала.

В 2022-2024 годах был проведен анализ биохимических показателей, включающий содержание сырого протеина и сырого жира в зерне сои (табл. 5,6).

Сорт Лидер 10 отличался высоким содержанием сырого протеина в зерне 45,83-46,33% в среднем за 3 года, в то время как у сорта Орлея данное значение колебалось в диапазоне 41,77-42,30%. Максимальная концентрация сырого протеина в среднем за 2022-2024 год

наблюдалась у сорта Лидер 10 в случае применения листовой подкормки Оракул мультикомплекс, достигая 46,47%, минимальное значение – у сорта Орлея с использованием Ризоторфина, что составляло 41,77%. Обработка микроудобрением Оракул мультикомплекс и его совместное применение с инокуляцией приводили к увеличению содержания протеина у сорта Орлея на 1,12-1,20% и у сорта Лидер 10 на 0,65-0,96%. Сбор сырого протеина в семенах зависит от двух основных факторов: урожайности семян и содержания протеина в них. В среднем за 3 года наблюдалась изменчивость в сборе сырого протеина, который составлял 978,89 кг/га у сорта Орлея в контрольном варианте и 1049,56 кг/га в варианте с инокуляцией, у сорта Лидер 10 – 983,28 кг/га в контроле, 1038,24 кг/га в варианте с листовой подкормкой.

Таблица 5

**Содержание сырого протеина в зерне сои, 2022-2024 г.**

| Вариант                          | Сырой протеин, % |       |       |       | Сбор белка, кг/га |         |         |         |
|----------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------------------|---------|---------|---------|
|                                  | 2022             | 2023  | 2024  | х     | 2022              | 2023    | 2024    | х       |
| <b>Орлея</b>                     |                  |       |       |       |                   |         |         |         |
| Контроль                         | 42,90            | 41,50 | 41,00 | 41,80 | 686,97            | 950,30  | 1299,40 | 978,89  |
| Ризоторфин                       | 42,60            | 41,60 | 41,10 | 41,77 | 710,69            | 1049,07 | 1388,91 | 1049,56 |
| Оракул мультикомплекс            | 43,70            | 42,30 | 40,90 | 42,30 | 753,48            | 988,99  | 1365,90 | 1036,12 |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 43,40            | 42,60 | 40,80 | 42,27 | 735,38            | 1049,79 | 1295,41 | 1026,86 |
| <b>Лидер 10</b>                  |                  |       |       |       |                   |         |         |         |
| Контроль                         | 45,90            | 46,10 | 46,10 | 46,03 | 550,07            | 1038,10 | 1361,66 | 983,28  |
| Ризоторфин                       | 46,10            | 45,90 | 45,50 | 45,83 | 616,04            | 1150,29 | 1338,30 | 1034,88 |
| Оракул мультикомплекс            | 45,90            | 47,00 | 46,50 | 46,47 | 588,45            | 1114,42 | 1411,86 | 1038,24 |
| Ризоторфин+Оракул мультикомплекс | 45,70            | 47,20 | 46,10 | 46,33 | 517,40            | 1073,36 | 1386,12 | 992,29  |
| $\bar{x}$                        | 44,53            | 44,28 | 43,50 |       | 644,81            | 1051,79 | 1355,95 |         |

Содержание сырого жира в зерне в среднем за 3 года варьировало от 17,64% (Лидер 10, Ризоторфин+Оракул мультикомплекс) до 20,67% (Орлея, контроль). В вариантах, где использовался Оракул мультикомплекс, содержание жира незначительно снижалось по сравнению с контролем. Максимальный сбор масла был зафиксирован у сорта Орлея в варианте с Ризоторфином и составил 522,54 кг/га. У Лидера 10 высокое значение этого показателя также наблюдалось в варианте с инокуляцией, что составило 415,60 кг/га.

В 2022 году концентрация сырого жира ниже на 0,58-1,17% по сравнению с 2023 и 2024 годами. В 2024 году сбор протеина и жира оказался выше, чем в 2022 и 2023 годах на 711,14 и 304,16 кг/га, 345,10-162,45 кг/га соответственно. Установлена корреляция на высоком и среднем уровне между сухой массой клубеньков и содержанием сырого протеина в семенах сои в 2022 году  $r=0,79$ , в 2023 году  $r=0,52$ , в 2024 году – на среднем уровне между количество клубеньков и содержанием сырого протеина  $r=0,34$ .

**Содержание сырого жира в зерне сои, 2022-2024 г.**

| Вариант                             | Сырой жир, % |       |       |       | Сбор масла, кг/га |        |        |        |
|-------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|--------|--------|
|                                     | 2022         | 2023  | 2024  | х     | 2022              | 2023   | 2024   | х      |
| <b>Орлея</b>                        |              |       |       |       |                   |        |        |        |
| Контроль                            | 20,20        | 20,90 | 20,90 | 20,67 | 323,47            | 478,58 | 662,38 | 488,14 |
| Ризоторфин                          | 20,30        | 20,90 | 20,77 | 20,66 | 338,66            | 527,06 | 701,89 | 522,54 |
| Оракул<br>мультикомплекс            | 19,10        | 20,10 | 20,80 | 20,00 | 329,32            | 469,95 | 694,64 | 497,97 |
| Ризоторфин+Оракул<br>мультикомплекс | 19,30        | 20,10 | 20,87 | 20,09 | 327,02            | 495,32 | 662,63 | 494,99 |
| <b>Лидер 10</b>                     |              |       |       |       |                   |        |        |        |
| Контроль                            | 17,20        | 17,90 | 18,50 | 17,87 | 206,13            | 403,08 | 546,44 | 385,22 |
| Ризоторфин                          | 18,10        | 18,00 | 18,83 | 18,31 | 241,87            | 451,09 | 553,85 | 415,60 |
| Оракул<br>мультикомплекс            | 17,00        | 17,60 | 18,40 | 17,67 | 217,94            | 417,31 | 558,67 | 397,97 |
| Ризоторфин+Оракул<br>мультикомплекс | 17,00        | 17,40 | 18,53 | 17,64 | 192,47            | 395,69 | 557,16 | 381,77 |
| х                                   | 18,53        | 19,11 | 19,70 |       | 272,11            | 454,76 | 617,21 |        |

**Заключение**

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о положительном влиянии Ризоторфина и некорневых подкормок микроудобрением Оракул мультикомплекс на рост и развитие новых сортов сои. Высота растения в среднем за 3 года увеличивалась на 4,15-11,41% у сорта Орлея и 5,98-13,90% у сорта Лидер 10. Причем наибольший эффект 11,00% и 14,00% у обоих сортов наблюдался при совместном применении инокуляции и Оракула мультикомплекс. В зависимости от обработки длина корня возрастала по сравнению с контролем у сорта Орлея на 5,74-9,72%, у сорта Лидер 10 на 6,90-15,34%.

Показатели надземной массы в среднем по вариантам были выше на 15,29% (Орлея) и 18,20% (Лидер 10), сухой массы корня – на 17,15% (Орлея) и 14,29% (Лидер 10), причем наиболее эффективным оказалось применение Оракул мультикомплекс: наибольшая сухая надземная масса составила 2,13 г/растение у Орлея и 2,6 г/растение у Лидера 10, сухая масса корня – 0,42 г/растение (Орлея) и 0,52 г/растение (Лидер 10).

Максимальное количество клубеньков 18,90 шт./растение и наибольшая сухая масса клубеньков 37,00 мг/растение сформировано у Орлея в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс; у Лидера 10 в варианте с инокуляцией – 18,97 шт./растение и в варианте с некорневой подкормкой – 48,64 мг/растение соответственно.

В среднем за 3 года обработка семян ризобиями и листовые подкормки микроудобрением Оракул мультикомплекс увеличивали количество продуктивных бобов на 24,52-65,88%, количество семян – от 28,82% до 67,28% в зависимости от варианта.

Лидер 10 в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс отличался максимальным количеством продуктивных бобов и семян, которое составило 52,40 шт. и 112,68 шт. соответственно. Максимальная урожайность в среднем за 3 года отмечена у сорта Орлея в варианте с Ризоторфином 2,74 т/га.

У сорта Лидер 10 максимальное содержание сырого протеина в зерне 45,83-46,33% в среднем за 3 года. В 2022 году концентрация сырого жира ниже на 0,58-1,17% по сравнению с 2023 и 2024 годами. В 2024 году сбор протеина и жира оказался выше, чем в 2022 и 2023 годах на 711,14 и 304,16 кг/га, 345,10-162,45 кг/га соответственно.

Установлена корреляция на высоком и среднем уровне между количеством клубеньков и урожайностью в 2022 году  $r=0,85$  и 2023  $r=0,52$ , между сухой массой клубеньков и содержанием белка в семенах сои в 2022 году  $r=0,79$ , в 2023 году  $r=0,52$ .

В 2024 году отмечена корреляция на среднем уровне между количеством клубеньков и содержанием белка  $r=0,34$ .

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.**

#### Литература

1. Коломейченко В.В. Полевые и огородные культуры России / Т. 2. — Орел. Изд-во «А. Воробьёв», – 2015-2016. – 558 с.
2. Белявская Л.Г., Рыбальченко А.М. Скрининг коллекции сои по скороспелости и продуктивности в условиях Левобережной Лесостепи Украины. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1 (29). – С. 63-69. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11074.
3. Головина Е. В., Зотиков В. И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ. – Орел: Изд-во ПФ «Картуш». – 2019. – 320 с
4. Панарина В.И. Соя в России: современное положение на рынке // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: Сборник материалов 11-й Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов, Краснодар, 25–26 февраля 2021 года. – Краснодар: Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта». – 2021. – С. 287-291. – DOI 10.25230/conf11-2021-287-291.
5. Бельшклина М.Е., Гуреева Е.В. Содержание и качество жира в семенах сои северного экотипа. // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21(184). – С. 15-23.
6. Вэй Ж., Черноситова Т.Н., Селихова О.А. Изменение агрохимических показателей в системе почва-растение в зависимости от способа посева сои. // Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной памяти почвовед-агрохимика кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Валентины Федоровны Прокопчук, Благовещенск, 23–24 октября 2019 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, – 2019. – С. 12-18.
7. Литвиненко О.В., Стаценко Е.С., Корнева Н. Ю. и др. Оценка биохимического состава соевого зерна в сравнительно-сортовом аспекте. // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10 (163). – С. 51-59.
8. Головина Е.В., Леухина О.В. Влияние некорневых подкормок на фотосинтетическую деятельность, симбиотическую активность и продуктивность новых сортов сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1(45). – С. 40-49. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-40-49
9. Зотиков В. И., Наумкина Т. С., Грядунова Н. В. и др. Зернобобовые культуры - важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1(17). – С. 6-13
10. Парахин Н.В., Осин А.А., Осина В.С. Влияние двойной инокуляции на симбиоз, азотфиксацию, продуктивность и качество семян сои. // Вестник ОрелГАУ, - 2008. - № 3 (12). - С. 2-4.
11. Новиков В.М. Продуктивность гороха и сои в зависимости от основной обработки и минеральных удобрений. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 106-112.
12. Федотова Е.Н., Рысев М.Н., Волкова Е.С., Кусткова Т.А. Эффективность применения микробиологических препаратов и комплексного микроудобрения Аквадон Микро в полевом севообороте со льном-долгунцом. // Известия Великолукской ГСХА. – 2016. – № 4. – С. 19-24.
13. Храмой В.К., Бурлаков К.С. Влияние инокуляции семян на формирование симбиотического аппарата и развитие растений сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны. // Материалы Междунар. науч. конф. «Агробиотехнология -2021», Москва, 24-25 ноября 2021. – С. 389-392.

14. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Семеренко С.А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. // 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг». – 2022. – 538 с.

#### References

1. Kolomeichenko V.V. Field and garden crops of Russia. Vol. 2. - Orel: A. Vorobyov Publ., 2015-2016, 558 p.
2. Belyavskaya L.G., Rybalchenko A.M. Screening of the soybean collection for precocity and productivity in the conditions of the Left-Bank Forest-steppe of Ukraine. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no. 1(29), pp. 63-69, DOI 10.24411/2309-348X-2019-11074. (In Russian)
3. Golovina E.V., Zotikov V.I. Production process and adaptive reactions to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the Central Chernozem region of the Russian Federation. Orel: «Kartush» Publ. 2019, 320 p. (In Russian)
4. Panarina V. I. Soy in Russia: the current situation on the market. Topical issues of biology, breeding, technology of cultivation and processing of agricultural crops : Collection of materials of the 11th All-Russian Conference of Young scientists and specialists, Krasnodar, February 25-26, 2021. Krasnodar: Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit". 2021, pp. 287-291, DOI 10.25230/conf11-2021-287-291 , EDN FUDREQ.
5. Belyshkina M. E., Gureeva E. V. The content and quality of fat in soybean seeds of the northern ecotype. *Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavridy*, 2020, no. 21(184), pp. 15-23. (In Russian)
6. Wei J., Chernositova T. N., Selikhova O. A. Changes in agrochemical parameters in the soil-plant system depending on the method of sowing soybeans. Modern problems of soil science, agrochemistry and ecology : collection of sci. articles based on the materials of the int. sci. and practical conf. dedicated to the memory of soil scientist-agrochemist cand. sci. agric., associate professor Valentina Prokopchuk, Blagoveshchensk, October 23-24, 2019, Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2019, pp. 12-18.
7. Litvinenko O.V., Statsenko E.S., Korneva N. Yu., etc. Evaluation of the biochemical composition of soybean grain in a comparative varietal aspect. *Vestnik KrasGAU*, 2020, no. 10(163), pp. 51-59. (In Russian)
8. Golovina E.V., Leukhina O.V. The effect of foliar top dressing on photosynthetic activity, symbiotic activity and productivity of new soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023; 1(45):40-49. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-40-49 (In Russian)
9. Zotikov V. I., Naumkina T. S., Grydunova N. V. et al. Leguminous crops are an important factor in sustainable ecologically oriented agriculture. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no. 1(17), pp. 6-13 (In Russian)
10. Parakhin N.V., Osin A.A., Osina V.S. The effect of double inoculation on symbiosis, nitrogen fixation, productivity and quality of soybean seeds. *Vestnik OrelGAU*, 2008, no. 3 (12), pp. 2-4. (In Russian)
11. Novikov V.M. Productivity of peas and soybeans depending on the main processing and mineral fertilizers. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2013, no. 2 (6), pp. 106-112. (In Russian)
12. Fedotova E.N., Rysev M.N., Volkova E.S., Kustkova T.A. The effectiveness of the use of microbiological preparations and complex micronutrients Aquadon Micro in field crop rotation with flax. *Izvestiya Velikolukskoi GSKhA*, 2016, no. 4, pp. 19-24. (In Russian)
13. Khramoi V.K., Burlakov K.C. The influence of seed inoculation on the formation of the symbiotic apparatus and the development of soybean plants in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone // Materials of the International Scientific Conference "Agrobiotechnology - 2021", Moscow, November 24-25, 2021, pp. 389-392. (In Russian)
14. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Semerenko S.A. Methodology of agrotechnical research in experiments with basic field crops. 3rd edition, revised and supplemented. Krasnodar : LLC "Prosveshchenie-Yug", 2022, 538 p. (In Russian)

## ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ И НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК КОМПЛЕКСНЫМ МИКРОУДОБРЕНИЕМ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИМБИОТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ

Т.В. ЛЕУХИНА, научный сотрудник<sup>1</sup>, аспирант<sup>2</sup>, ORCID ID: 0009-0009-7039-378X  
E-mail: tanya\_leukhina@mail.ru

<sup>1</sup>ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

*В статье изложены результаты исследований 2023-2024 гг. по изучению влияния инокуляции и некорневых подкормок комплексным микроудобрением на эффективность симбиотической деятельности и продуктивность сортов сои. Материалом исследования служили сорта сои селекции ФНЦ ЗБК: Слава, Орля, Мезенка и Зуша.*

*По данным исследований установлено, что агроприемы активизировали симбиотическую деятельность растений: по сравнению с контрольным вариантом предпосевная обработка повышала количество азотфиксирующих клубеньков на корневой системе у всех исследуемых сортов на 20,1-44,7% и сухую массу клубеньков на 6,2-23,7%, способствовала росту нитрогеназной активности на 0,11-1,32 мкг N<sub>2</sub>/мл/ч/1 растение, совместное применение инокуляции и некорневой подкормки увеличивало соответствующие показатели у всех сортов на 35,7-80,5%, 10,8-55,9% и на 1,77-2,76 мкг N<sub>2</sub>/мл/ч/1 растение. Под влиянием инокуляции микробиологическим препаратом Хайкоут Супер Соя отмечался прирост сухой биомассы растений в фазу цветения в среднем по сортам на 6,5%, некорневые подкормки комплексным микроудобрением и стимулятором роста и развития растений «Sipny Mix» Бобовые вегетация приводили к возрастанию массы сухого вещества на 10,8%. Высокая эффективность комплексной обработки микробиологическим препаратом и микроудобрением подтверждалась анализом элементов структуры урожая: по отношению к контролю масса семян с растения у всех сортов возрастала на 5,5-15,4%, масса 1000 семян повышалась на 2,28-3,48 г. Необходимо отметить, что у сорта Зуша совместное применение обработок оказало активное воздействие не на все изучаемые показатели: количество клубеньков, масса семян с растения и масса 1000 семян были меньше или на уровне варианта с инокуляцией. Наибольшее влияние некорневой подкормки на урожайность выявлено только на сорте Слава (прибавка 0,26 т/га). Зависимость урожайности от инокуляции у сортов сои была не существенной, кроме сорта Зуша в 2023 году и сорта Слава в 2024 году, что очевидно связано с заселением опытного поля спонтанной ризобияльной микрофлорой.*

**Ключевые слова:** соя, сорт, инокуляция, некорневые подкормки, симбиотические признаки, урожайность.

**Для цитирования:** Леухина Т.В. Влияние инокуляции и некорневых подкормок комплексным микроудобрением на эффективность симбиотической деятельности и продуктивность сортов сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):87-95. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-87-95

## THE EFFECT OF INOCULATION AND FOLIAR FERTILIZATION WITH COMPLEX MICRONUTRIENTS ON THE EFFECTIVENESS OF SYMBIOTIC ACTIVITY AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN VARIETIES

T.V. Leukhina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

<sup>2</sup>FSBEE HE N.V. PARAKHIN OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY

**Abstract:** *The article presents the results of research in 2023-2024 to study the effect of inoculation and foliar fertilization with complex micronutrients on the effectiveness of symbiotic activity and productivity of soybean varieties. The research material was soybean varieties of the FSC LGC breeding: Slava, Orleya, Mezenka and Zusha.*

*According to the research data, it was established that agricultural practices activated the symbiotic activity of plants: compared to the control variant, pre-sowing treatment increased the number of nitrogen-fixing nodules on the root system of all studied varieties by 20.1-44.7% and the dry weight of nodules by 6.2-23.7%, contributed to the growth of nitrogenase activity by 0.11-1.32 mkg N<sub>2</sub>/ml/h/1 plant, the combined use of inoculation and foliar feeding increased the corresponding indicators in all varieties by 35.7-80.5%, 10.8-55.9% and by 1.77-2.76 mkg N<sub>2</sub>/ml/h/1 plant. Under the influence of inoculation with the microbiological preparation Hykout Super Soybean there was an increase in dry biomass of plants in the flowering phase on average by 6.5%, foliar feeding with complex microfertilizer and plant growth and development stimulant 'Sunny Mix' Legumes vegetation led to an increase in dry matter mass by 10.8%. High efficiency of complex treatment with microbiological preparation and microfertilizer was confirmed by analysis of yield structure elements: in relation to the control, seed weight per plant in all varieties increased by 5.5-15.4%, weight of 1000 seeds increased by 2.28-3.48 g. It should be noted that in Zusha variety the joint application of treatments had an active effect not on all the studied indicators: the number of nodules, seed weight per plant and 1000 seed weight were less or at the level of the variant with inoculation. The greatest effect of foliar feeding on yield was found only on Slava variety (0.26 tonnes/ha increase). The dependence of yield on inoculation in soybean varieties was not significant except for Zusha variety in 2023 and Slava variety in 2024, which is obviously due to the settlement of the experimental field by spontaneous rhizobial microflora.*

**Keywords:** soybeans, variety, inoculation, foliar top dressing, symbiotic signs, yield.

### Введение

Биологическая фиксация азота является одним из важнейших процессов биогеохимического цикла азота – ключевого компонента, необходимого для жизни растений, являющегося составной частью аминокислот, белков, ферментов, а также хлорофилла, витаминов, растительных протеинов и других органических веществ, необходимых для полноценного роста и развития растительных организмов. Азотфиксация способствует преобразованию атмосферного азота (N<sub>2</sub>) в аммонийную форму NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, доступную для использования растениями [1-5]. Этот процесс характерен в основном для бобовых растений в сельскохозяйственных системах, которые обладают уникальной способностью образовывать симбиотические взаимоотношения с азотфиксирующими почвенными бактериями, объединёнными под названием ризобии, и обуславливает высокий рейтинг бобовых культур в современных технологиях растениеводства, способствующих восстановлению плодородия почвы и сокращающих применение азотных удобрений [6-8].

Специфичными для сои являются клубеньковые бактерии *Bradyrhizobium japonicum*. Использование микробиологических препаратов (инокулянтов), предназначенных для обработки семян сои, способствует образованию клубеньков, что, в свою очередь, улучшает усвоение питательных веществ. По данным ряда ученых инокуляция семян сои штаммами клубеньковых бактерий повышает продуктивность на 10-25 %, содержания белка в семенах на 2-11% [9-11].

Микроэлементы оказывают непосредственное и косвенное воздействие на процесс азотфиксации – одни микроэлементы являются составными частями азотфиксирующих ферментов, в то время как другие способствуют созданию оптимальных условий для активации процесса фиксации азота воздуха [12]. Некорневые подкормки в настоящее время являются стандартным технологическим приемом, способствующим более полному усвоению растениями основных элементов питания и обеспечивающим их быструю транспортировку

непосредственно к пунктам их основного потребления: точкам роста, листьям, плодам, активизирующим процесс фотосинтеза, благодаря чему обеспечивается более активное поступление питательных элементов в клубеньки, за счёт чего усиливается фиксация азота. Некорневое питание растений является одним из наиболее эффективных способов получения стабильных урожаев хорошего потребительского качества за счёт более интенсивного усвоения элементов питания и улучшения устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды [13].

**Цель исследований** – изучить влияние инокуляции и некорневых подкормок комплексным микроудобрением на эффективность симбиотической деятельности и продуктивность сортов сои.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводились в 2023-2024 годах на опытном поле севооборота Селекционно-семеноводческого центра сои ФНЦ ЗБК. Материалом для исследования являлись сорта сои, созданные в ФНЦ ЗБК: Слава (сорт индетерминантного типа развития), Орлея (детерминантного типа развития, включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2024 г. по Центральному (3) и Центрально-Чернозёмному (5) регионам), Мезенка и Зуша (индетерминантного и полудетерминантного типа развития соответственно, в 2016 и 2015 гг. внесены в Госреестр РФ по Центрально-Чернозёмному (5) региону).

Предшественник – чистый пар. Почва опытного участка тёмно-серая лесная, среднесуглинистая, среднегумусовая (4,0-6,0%), слабокислая (рН водной вытяжки 5,1-5,5).

Полевой опыт закладывался согласно методике Б.А. Доспехова (1985 г) на делянках с учетной площадью 10 м<sup>2</sup>. Метод размещения вариантов – рендомизированный. Норма высева – 600 тыс. всхожих семян на 1 гектар. Посев осуществлялся широкорядным способом (с шириной междурядий 45 см) сеялкой Клен-1,5 во вторую декаду мая.

Схема опыта:

Фактор А – сорт: Слава, Орлея, Мезенка, Зуша.

Фактор В – технологические приемы:

1. предпосевная обработка семян (инокулянт Хайкоут Супер Соя (1,42 л/т) + питательный раствор Хайкоут Супер Экстендер (1,42 л/т) (в день посева);

2. предпосевная обработка семян + две листовые подкормки комплексным микроудобрением «Sunny Mix» Бобовые вегетация в фазу 2 тройчатых листьев (0,5 л/га) и в фазу начало бутонизации (1 л/га) (через 12 дней).

Хайкоут Супер Соя – микробиологический препарат клубеньковой бактерии *Bradyrhizobium japonicum*, содержащий штамм ризобий 532С (титр 10 млрд/1 мл).

«Sunny Mix» Бобовые вегетация – комплексное микроудобрение и стимулятор роста и развития растений, сочетающее комплекс макро- и микроэлементов в хелатной форме, натуральные аминокислоты и природные органические кислоты (г/л): N (55,1), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (20,2), K<sub>2</sub>O (13,7), B (3,4), Zn (1,6), S (6,8), Mo (0,2) Co (0,02), MgO (2,5), Mn (5,8), CaO (17,5), Fe (2,0), Cu (3,8), органические кислоты – 25 г/л, аминокислоты – 25 г/л, стимуляторы роста растений – 10 г/л, прилипатель, сурфактанты, гумектанты.

Учёты и наблюдения осуществлялись согласно методическим рекомендациям: изучение симбиотической деятельности в соответствии с «Методы изучения биологической фиксации азота воздуха» (Посыпанов Г.С, 1991.), анализ активности нитрогеназы осуществлялся на портативном газовом хроматографе ФГХ-1; учет урожайности согласно «Методики агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами» (Лукомец В.М., 2022).

Перед уборкой в фазе созревания с делянок был проведен отбор снопового материала для структурного анализа (Лукомец В.М., 2022). Уборку урожая зерна сои проводили комбайном ZURN 150 путем сплошного обмолота. Экспериментальные данные были обработаны статистическим методом с целью выявления существенных различий по методике полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Б.А. Доспехова (2011).

### Результаты и их обсуждение

В 2023-2024 гг. исследовано влияние инокуляции микробиологическим препаратом Хайкоут Супер Соя и некорневых подкормок комплексным микроудобрением и стимулятором роста и развития растений «Sunny Mix» Бобовые вегетация на сухую массу растений сои в фазу цветения (рис. 1). Применение высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий способствовало увеличению сухой биомассы растений в среднем по сортам на 6,5%. Подкормка микроудобрением приводила к возрастанию массы сухого вещества от 4,7% до 16,3%, при этом, максимальные показатели были отмечены у сортов Слава (8,70 г на 1 растение) и Мезенка (9,33 г на 1 растение).

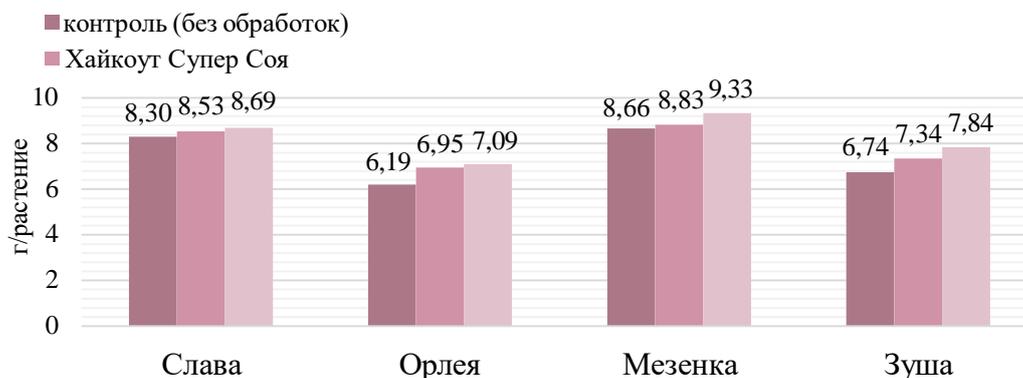


Рис. 1. Сухая масса растений сои в фазу цветения в зависимости от инокуляции и некорневых подкормок (среднее за 2023-2024 гг.)

Предпосевная обработка семян жидким инокулянтом, содержащим штамм специализированной соевой бактерии *Bradyrhizobium japonicum*, повышала количество клубеньков на корневой системе у всех исследуемых сортов сои в среднем от 20,6% (Мезенка) до 57,5% (Орлея) и сухую массу клубеньков от 6,2% (Слава) до 23,7% (Зуша), в среднем за 2023-2024 годы исследования в фазу цветения (табл. 1).

Таблица 1

#### Симбиотические показатели растений сои в фазу цветения под влиянием инокуляции и некорневых подкормок

| Вариант                                           | Количество клубеньков, шт. |       |           | Сухая масса клубеньков, мг |        |           | Количество фиксированного азота, мкг N <sub>2</sub> /мл/час /1 растение |       |           |
|---------------------------------------------------|----------------------------|-------|-----------|----------------------------|--------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|
|                                                   | 2023                       | 2024  | $\bar{x}$ | 2023                       | 2024   | $\bar{x}$ | 2023                                                                    | 2024  | $\bar{x}$ |
| Слава                                             |                            |       |           |                            |        |           |                                                                         |       |           |
| Контроль (без обработок)                          | 21,00                      | 31,60 | 26,30     | 104,75                     | 129,38 | 117,07    | 5,427                                                                   | 4,281 | 4,854     |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 37,80                      | 38,30 | 38,05     | 116,00                     | 132,69 | 124,35    | 5,896                                                                   | 4,786 | 5,341     |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 33,50                      | 44,30 | 38,90     | 120,17                     | 139,33 | 129,75    | 7,929                                                                   | 7,304 | 7,617     |
| Орлея                                             |                            |       |           |                            |        |           |                                                                         |       |           |
| Контроль (без обработок)                          | 15,80                      | 19,50 | 17,65     | 125,74                     | 60,49  | 93,12     | 3,809                                                                   | 2,617 | 3,213     |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 29,60                      | 26,00 | 27,80     | 117,87                     | 88,72  | 103,30    | 5,762                                                                   | 3,311 | 4,537     |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 34,30                      | 29,40 | 31,85     | 201,32                     | 89,02  | 145,17    | 8,068                                                                   | 3,410 | 5,739     |
| Мезенка                                           |                            |       |           |                            |        |           |                                                                         |       |           |
| Контроль (без обработок)                          | 21,80                      | 34,00 | 27,90     | 140,82                     | 119,81 | 130,32    | 5,469                                                                   | 5,003 | 5,236     |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 27,50                      | 39,80 | 33,65     | 150,49                     | 132,74 | 141,62    | 5,924                                                                   | 4,766 | 5,345     |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 35,00                      | 44,90 | 39,95     | 170,85                     | 138,88 | 154,87    | 6,920                                                                   | 9,012 | 7,966     |
| Зуша                                              |                            |       |           |                            |        |           |                                                                         |       |           |
| Контроль (без обработок)                          | 19,10                      | 21,20 | 20,15     | 107,52                     | 77,81  | 92,67     | 4,013                                                                   | 2,880 | 3,447     |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 31,90                      | 26,30 | 29,10     | 140,56                     | 88,70  | 114,63    | 5,384                                                                   | 3,478 | 4,431     |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 28,20                      | 26,50 | 27,35     | 151,35                     | 93,12  | 122,24    | 6,771                                                                   | 3,652 | 5,212     |
| НСР <sub>05</sub>                                 | 2,80                       | 3,28  |           | 15,05                      | 13,41  |           | 0,97                                                                    | 0,56  |           |

Было установлено, что под действием некорневых подкормок комплексным микроудобрением, имеющим в составе микроэлементы: молибден, входящий в состав нитрогеназы – центрального фермента процесса азотфиксации, кобальт, стимулирующий фиксацию азота бактериями, магний, при недостатке которого тормозится размножение клубеньковых бактерий, сера и железо, выполняющие важную роль в синтезе леггемоглобина, количество клубеньков и их масса росли от 43,2% (Мезенка) до 80,5% (Орлея), от 10,8% (Слава) до 55,9% (Орлея) в среднем по сортам за 2023-2024 годы. В среднем по вариантам наиболее высокий показатель количества клубеньков был зафиксирован у сорта Слава, сухой массы клубеньков у сорта Мезенка.

Необходимо отметить, что применение микробиологического препарата в предпосевной обработке семян увеличивало нитрогеназную активность клубеньков у всех сортов на 0,11-1,32 мкг N<sub>2</sub>/мл/ч/1 растение в среднем за 2 года исследования, несмотря на незначительное превышение контроля над вариантом с инокуляцией у сорта Мезенка в 2024 году. Совместное применение инокуляции с некорневыми подкормками способствовало росту активности нитрогеназы на 1,77-2,76 мкг N<sub>2</sub>/мл/ч/1 растение.

В 2023 году выявлена корреляция на среднем и высоком уровне между активностью нитрогеназы, сухой массой и количеством клубеньков  $r=0,60-0,76$ , в 2024 году между количеством клубеньков, их массой и нитрогеназной активностью – на высоком уровне  $r=0,80-0,94$ . Кроме того, в 2023 г. отмечен средний уровень зависимости между нитрогеназной активностью и сухой массой растения сои  $r=0,53$ .

Высокую эффективность микробиологического препарата и некорневых подкормок подтверждает анализ элементов структуры урожая в фазу полной спелости. Масса семян с растения сои за 2 года исследований в варианте с инокуляцией интенсивнее увеличивалась у сортов Орлея и Зуша на 1,65 г и 1,50 г, или в среднем на 14,5% (табл. 2). Некорневые подкормки растений позволили значительно повысить массу семян с растения у всех сортов на 5,5-15,4%. Максимальный показатель был отмечен при обработке микроудобрением у сортов Слава и Орлея (12,98 г и 13,40 г на растение).

Таблица 2

**Семенная продуктивность растений и масса 1000 семян сои под влиянием инокуляции и некорневых подкормок**

| Вариант                                              | Масса семян с растения, г |       |           | Масса 1000 семян, г |        |           |
|------------------------------------------------------|---------------------------|-------|-----------|---------------------|--------|-----------|
|                                                      | 2023                      | 2024  | $\bar{x}$ | 2023                | 2024   | $\bar{x}$ |
| <b>Слава</b>                                         |                           |       |           |                     |        |           |
| Контроль (без обработок)                             | 11,45                     | 12,32 | 11,88     | 168,43              | 171,07 | 169,75    |
| Хайкоут Супер Соя                                    | 11,58                     | 12,88 | 12,23     | 168,52              | 171,62 | 170,07    |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix»<br>Бобовые вегетация | 12,72                     | 13,24 | 12,98     | 169,38              | 174,67 | 172,03    |
| <b>Орлея</b>                                         |                           |       |           |                     |        |           |
| Контроль (без обработок)                             | 10,87                     | 12,35 | 11,61     | 169,22              | 160,85 | 165,04    |
| Хайкоут Супер Соя                                    | 13,81                     | 12,71 | 13,26     | 170,71              | 161,00 | 165,86    |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix»<br>Бобовые вегетация | 13,79                     | 13,00 | 13,40     | 170,45              | 164,69 | 167,57    |
| <b>Мезенка</b>                                       |                           |       |           |                     |        |           |
| Контроль (без обработок)                             | 15,09                     | 9,32  | 12,21     | 150,77              | 156,31 | 153,54    |
| Хайкоут Супер Соя                                    | 15,16                     | 9,85  | 12,50     | 149,55              | 156,39 | 152,97    |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix»<br>Бобовые вегетация | 15,12                     | 10,64 | 12,88     | 152,94              | 159,45 | 156,20    |
| <b>Зуша</b>                                          |                           |       |           |                     |        |           |
| Контроль (без обработок)                             | 11,80                     | 8,50  | 10,15     | 165,09              | 158,97 | 162,03    |
| Хайкоут Супер Соя                                    | 13,86                     | 9,44  | 11,65     | 168,99              | 162,21 | 165,60    |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix»<br>Бобовые вегетация | 13,16                     | 9,77  | 11,46     | 167,91              | 163,30 | 165,61    |
| НСР <sub>05</sub>                                    | 0,80                      | 0,54  |           | 2,28                | 1,68   |           |

Наибольшего значения масса 1000 семян в среднем за 2023-2024 гг. достигала при комплексе обработок: если на контроле она варьировала от 153,54 г у сорта Мезенка до 169,75 г у сорта Слава, то в варианте с предпосевной обработкой и применением микроудобрений варьировала от 156,20 г до 172,03 г. По отношению к контролю на варианте с применением инокулянта Хайкоут Супер Соя этот показатель находился на уровне варианта с обработками растений сои микроудобрением «Sunny Mix» Бобовые вегетация. Сорт Мезенка реакцию на инокуляцию не проявил. В 2023 году установлена корреляция на среднем уровне между массой семян с растения и массой 1000 семян  $r=0,69$ .

По данным исследований в среднем за 2 года при обработке семян активным штаммом ризобий 532С и применении некорневых подкормок комплексным микроудобрением наибольшая урожайность была отмечена у сорта Слава и составила 3,27 т/га, превзойдя вариант с предпосевной обработкой и контроль на 5,8% и 8,6% соответственно (табл. 3). Вариант с инокуляцией не оказывал существенного влияния на урожайность сои, кроме сорта Зуша в 2023 году и сорта Слава в 2024 году, что очевидно связано с заселением опытного поля спонтанной ризобиальной микрофлорой.

Таблица 3

**Урожайность сои под влиянием инокуляции и некорневых подкормок, т/га**

| Вариант                                           | 2023 | 2024 | $\bar{x}$ |
|---------------------------------------------------|------|------|-----------|
| Слава                                             |      |      |           |
| Контроль (без обработок)                          | 2,99 | 3,03 | 3,01      |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 2,92 | 3,25 | 3,09      |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 3,22 | 3,32 | 3,27      |
| Орля                                              |      |      |           |
| Контроль (без обработок)                          | 2,72 | 3,11 | 2,92      |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 2,75 | 3,26 | 3,00      |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 2,77 | 3,41 | 3,09      |
| Мезенка                                           |      |      |           |
| Контроль (без обработок)                          | 2,66 | 3,00 | 2,83      |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 2,76 | 3,05 | 2,91      |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 2,76 | 3,14 | 2,95      |
| Зуша                                              |      |      |           |
| Контроль (без обработок)                          | 2,47 | 2,88 | 2,68      |
| Хайкоут Супер Соя                                 | 2,70 | 2,93 | 2,82      |
| Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация | 2,67 | 3,02 | 2,85      |
| НСР <sub>05</sub>                                 | 0,21 | 0,04 |           |

В среднем по сортам в контрольном варианте урожайность составила – 2,86 т/га, в варианте с комплексом обработок – 3,04 т/га. В 2024 году рост урожайности у сортов сои происходил за счет увеличения массы семян на растении, корреляционная зависимость в данном случае высокая  $r=0,86$ . Проведенный корреляционный анализ показал средний уровень зависимости урожайности от накопления сухой массы растений сои, который составил  $r=0,60$ .

**Заключение**

По результатам исследований 2023-2024 годов влияния инокуляции микробиологическим препаратом Хайкоут Супер Соя и некорневых подкормок комплексным микроудобрением и стимулятором роста и развития растений «Sunny Mix» Бобовые вегетация на эффективность симбиотической деятельности и продуктивность сортов сои установлено, что предпосевная обработка инокулянтном повышала количество клубеньков на корневой системе и сухую массу клубеньков у сорта Слава на 44,7% и 6,2% соответственно, у сорта Орля на 57,5% и 10,9%, у сорта Мезенка на 20,6% и 6,7%, у сорта Зуша на 44,4% и 23,7%, способствовала росту нитрогеназной активности у всех сортов в среднем на 0,11-1,32 мкг N<sub>2</sub>/мл/ч/1 растение, а совместное применение инокуляции и некорневой подкормки увеличивало соответствующие показатели у сорта Слава на 47,9% и 10,8%, у сорта Орля на 80,5% и 55,9%, у сорта Мезенка на 43,2% и 18,8%, у сорта Зуша на 35,7% и 31,9%, нитрогеназную активность у всех сортов в среднем на 1,77-2,76 мкг N<sub>2</sub>/мл/ч/1 растение.

Отмечался прирост сухой биомассы растений в фазу цветения в среднем по сортам на 6,5% в варианте с инокуляцией, некорневые подкормки микроудобрением приводили к возрастанию массы сухого вещества на 10,8%. Максимальные значения данного показателя зафиксированы у сортов Слава и Мезенка (8,70 и 9,33 г на 1 растение соответственно).

Высокую эффективность комплексной обработки микробиологическим препаратом и микроудобрением подтверждает анализ элементов структуры урожая: масса семян с растения у сортов Мезенка, Слава и Орлея возростала на 5,5-15,4%, масса 1000 семян повышалась от 2,28 г у сорта Слава до 3,48 г у сорта Зуша по отношению к контролю. Необходимо отметить, что у сорта Зуша совместное применение обработок оказало активное воздействие не на все изучаемые показатели: количество клубеньков, масса семян с растения и масса 1000 семян были меньше или на уровне варианта с инокуляцией. Выявлено, что наибольшее влияние некорневой подкормки на урожайность выявлено только на сорте Слава (прибавка 0,26 т/га).

Зависимость урожайности от инокуляции у сортов сои была не существенной, кроме сорта Зуша в 2023 году и сорта Слава в 2024 году, что очевидно связано с заселением опытного поля спонтанной ризобияльной микрофлорой.

В 2023 году выявлена корреляция на среднем и высоком уровне между активностью нитрогеназы, сухой массой и количеством клубеньков  $r=0,60-0,76$ , в 2024 году между количеством клубеньков, их массой и нитрогеназной активностью – на высоком уровне  $r=0,80-0,94$ . В 2024 году урожайность сортов сои росла за счет увеличения массы семян на растении. В данном случае наблюдается высокая корреляционная зависимость, достигающая значения  $r=0,86$ .

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.**

#### Литература

1. Осипов А.И. Биологический круговорот азота атмосферы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 42. – С. 97-103.
2. Тихонович И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 28-32.
3. Mus F., Crook M.B., Garcia K., Garcia Costas A. et al. Symbiotic Nitrogen Fixation and the Challenges to Its Extension to Nonlegumes // Applied and environmental microbiology. – 2016. – № 82(13). – Pp. 3698-3710. DOI: 10.1128/AEM.01055-16.
4. Kebede E. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems // Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2021. – Vol. 5. – Pp. 1-18. DOI: 10.3389/FSUFS.2021.767998
5. Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П., Тазин И.И. и др. Современные методы определения количества фиксированного азота воздуха в полевых условиях. // Известия ТСХА. – 2006. – № 2. – С. 129-134.
6. Головина Е.В., Леухина О.В. Экзогенная регуляция симбиотической деятельности новых сортов сои в условиях ЦЧР. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – №2(50). – С. 30-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-30-39
7. Хворова Л.А., Топаж А.Г., Абрамова А.В., Неупокоева К.Г. Подходы к описанию симбиотической азотфиксации. Часть 1. Анализ и выделение перечня факторов с оценкой их приоритетности // Известия Алтайского государственного университета. – 2015. – № 1-1(85). – С. 187-191. DOI 10.14258/izvasu(2015)1.1-33.
8. Кошеляев В.В., Шабышев Н.В., Кошеляева И.П. Особенности симбиотической деятельности растений гороха в зависимости от различных уровней минерального питания. // Нива Поволжья. – 2023. – № 1 (65). – 1006 с. DOI 10.36461/NP.2023.65.1.010

9. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Поиск высокоэффективных инокулянтов для перспективных сортообразцов сои. // Зернобобовые и крупяные культуры – 2019. – № 4 (32). – С. 66-71. DOI:10.24411/2300-348X-2019-11134.
10. Головина Е.В., Гришечкин В.В. Влияние инокуляции и гумата калия на физиологические и биохимические показатели новых сортов сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 1 (13). – С. 45-52.
11. Магомедов Р.Д., Рябуха С.С., Шелякин В.А. и др. Влияние инокуляции штаммами *Bradyrhizobium japonicum* на содержание белка и масла в семенах сои // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2012. – № 2 (151-152). – С. 175-178.
12. Кабылбекова Г.К., Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С. и др. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на урожайность сорта сои Жансая в условиях Алматинской области. // Генофонд и селекция растений : Доклады и сообщения V Международной конференции. – Новосибирск: Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, 2020. – С. 115-118. – DOI 10.18699/GPB2020-30.
13. Полухин А.А., Зубарева К.Ю. Развитие органического земледелия в Российской Федерации и рентабельность производства органической сои // Достижения науки и техники. – 2023. – Т. 37. – № 6. – С. 44-49. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-6-44.
14. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. // 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар: ООО "Просвещение-Юг", – 2022. – 538 с.

#### References

1. Osipov A.I. Biological nitrogen cycle of the atmosphere. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016, no. 42, pp. 97-103. (In Russian)
2. Tikhonovich. I.A., Zavalin A.A. Prospects of using nitrogen-fixing phytostimulating microorganisms to increase the efficiency of the agro-industrial complex and improve the agroecological situation in the Russian Federation. *Plodorodie*. 2016, no. 5, pp. 28-32. (In Russian)
3. Mus F., Crook M.B., Garcia K., Garcia Costas A. et al. Symbiotic Nitrogen Fixation and the Challenges to Its Extension to Nonlegumes // *Applied and environmental microbiology*, 2016, No. 82(13), pp. 3698-3710. DOI: 10.1128/AEM.01055-16.
4. Kebede E. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems // *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021, Vol. 5, Pp. 1-18. DOI: 10.3389/FSUFS.2021.767998
5. Posypanov G.S., Kobozeva T.P., Tazin I.I. et al. Modern methods for determining the amount of fixed nitrogen in the air in the field. *Izvestiya TSKhA*, 2006, no. 2, pp. 129-134. (In Russian)
6. Golovina E.V., Leukhina O.V. Exogenous regulation of symbiotic activity of new soybean varieties in the conditions of the Central Asian Republic. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no.2(50), pp. 30-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-30-39 (In Russian)
7. Khvorova L.A., Topazh A.G., Abramova A.V., Neupokoeva K.G. Approaches to the description of symbiotic nitrogen fixation. Part 1. Analysis and allocation of a list of factors with an assessment of their priority. *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015, no. 1-1(85), pp. 187-191. DOI 10.14258/izvasu(2015)1.1-33. (In Russian)
8. Koshelev V.V., Shabyshev N.V., Kosheleva I.P. Features of the symbiotic activity of pea plants depending on different levels of mineral nutrition. *Niva Povolzh'ya*, 2023, no. 1(65), 1006 p. DOI 10.36461/NP.2023.65.1.010 (In Russian)
9. Vasilchikov A.G., Akulov A.S. Search for highly effective inoculants for promising soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no. 4(32), pp. 66-71. DOI:10.24411/2300-348X-2019-11134. (In Russian)
10. Golovina E.V., Grishechkin V.V. Influence of intoxication and potassium humate on physiological and biochemical parameters of new soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, no. 1(13), pp. 45-52. (In Russian)

11. Magomedov R.D., S. Ryabukha.S., Shelyakin V.A. and others. The effect of intoxication by bradyrhizobium japonicum strains on the protein and oil content in soybean seeds. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*, 2012, no. 2(151-152), pp. 175-178. (In Russian)
12. Kabyzbekova G.K., Didorenko S.V., Kudaibergenov M.S. and others. The influence of pre-sowing seed treatment with trace elements on the yield of soybean varieties of Zhansai in the conditions of the Almaty region . Gene pool and plant breeding : Reports and communications of the V International Conference. Novosibirsk: Federal Research Center of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2020, pp. 115-118, DOI 10.18699/GPB2020-30. (In Russian)
13. Polukhin A.A. Zubareva K.Yu. The development of organic farming in the Russian Federation and the profitability of organic soybean production. *Dostizheniya nauki i tekhniki*, 2023, Vol. 37, no. 6, pp. 44-49. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-6-44. (In Russian)
14. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Semerenko S.A. Methodology of agrotechnical research in experiments with basic field crops. 3rd edition, revised and supplemented. Krasnodar : LLC "Prosveshchenie-Yug", 2022, 538 p. (In Russian)

## МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ПРОСА

**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

*В статье представлены результаты исследований, проведенных в условиях юго-востока Центрально-Черноземного региона в 2022 и 2023 гг. Дана характеристика различных сортов проса по комплексу хозяйственно ценных признаков, биологических свойств и морфофизиологическим показателям в фазу цветения. Рассчитаны коэффициенты межсортовой корреляции между морфобиологическими, хозяйственно ценными, физиологическими признаками. В каждый год изучения для конкретного сорта определяли и проанализировали индивидуальные корреляционные моменты. По результатам оценки образцов по продуктивности метелки, массе 1000 зерен и селекционным индексам нами выделен сорт Степное 9. В фазу цветения Степное 9 характеризовался значительной массой побега при относительно небольшой высоте растения, имел высокий индекс интенсивности, большую площадь листьев. У этого сорта были высокие индивидуальные корреляционные моменты между всеми изученными признаками. Наиболее значимыми признаками для формирования высокой продуктивности метелки являются вегетационный период, масса 1000 зерен, площадь листьев и надземная биомасса в период цветения проса. Формированию более крупного зерна способствует продолжительный вегетационный период, высокое содержание хлорофилла, крупные листья и большая надземная биомасса в период цветения проса. Содержание хлорофилла было больше у скороспелого сорта Саратовское 6 во все годы, а у среднепозднего Флявум 81-022 – только в благоприятном 2023 году. Наибольшая площадь листьев и надземная биомасса отмечена у среднепоздних сортов.*

**Ключевые слова:** просо, селекция, сорт, продуктивность, селекционные индексы, морфофизиологические показатели, коэффициент корреляции, корреляционные моменты.

**Для цитирования:** Сурков А.Ю., Суркова И.В. Морфофизиологические особенности формирования продуктивности сортов проса. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):96-103. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-96-103

## MORPHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF THE FORMATION PRODUCTIVITY OF MILLET VARIETIES

**A.Ju. Surkov, I.V. Surkova**

FSBSI V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN  
SCIENTIFIC CENTER

**Abstract:** *The article presents the results of research conducted in the conditions of the south-east of the Central Chernozem region in 2022 and 2023. The characteristic of various millet varieties according to the complex of economically valuable signs, biological properties and morphophysiological parameters in the "flowering" phase is given. The coefficients of inter-varietal correlation between morphobiological, economically valuable, and physiological characteristics are calculated. In each year of the study, individual correlation moments were determined and analyzed for a specific variety. According to the results of the evaluation of the samples according to the productivity of the panicle, the weight of 1000 grains and the breeding indices, we identified the*

*Stepnoye 9 variety. During the "flowering" phase, Stepnoye 9 was characterized by a significant shoot mass at a relatively low plant height, had a high intensity index, a large leaf area. This variety had high individual correlations between all the studied traits. The most significant signs for the formation of high productivity of the panicle are the growing season, the mass of 1000 grains, the leaf area and the aboveground biomass during the flowering period of millet. The formation of a larger grain is facilitated by a long growing season, high chlorophyll content, large leaves and large aboveground biomass during the flowering period of millet. The chlorophyll content was higher in the early ripening variety Saratovskoye 6 in all years, and in the medium-late Flavum 81-022 only in the favorable year 2023. The greatest leaf area and aboveground biomass were observed in medium-late varieties.*

**Keywords:** millet, breeding, variety, productivity, breeding indices, morphophysiological indicators, correlation coefficient, correlation moments.

### Введение

На современном этапе селекции проса решающее значение имеет реализация потенциальных возможностей культуры в обеспечении высоких и стабильных урожаев [1, 2, 3].

Сорта должны обладать комплексом признаков и свойств, обуславливающих потенциальный уровень урожайности и его стабильности. Характеристика этих признаков, а также корреляционные связи между ними представляют для селекционера большой интерес. Корреляционные исследования дают возможность выявить предпосылки, на которых основывается отбор по внешнему виду для представления их в скрещивания.

**Цель исследований** – оценка сортов проса по комплексу хозяйственно ценных признаков, биологическим свойствам и морфологическим показателям в фазу цветения и выявление взаимосвязи этих признаков для использования в дальнейшей селекции.

### Условия, материалы и методы исследований

Вегетационные периоды 2022 и 2023 гг. различались по гидротермическим условиям (табл. 1).

Таблица 1

### Гидротермические условия вегетационного периода проса

| Показатели                             | Месяцы |       |       |        |
|----------------------------------------|--------|-------|-------|--------|
|                                        | Май    | Июнь  | Июль  | Август |
| <b>2022 год</b>                        |        |       |       |        |
| Среднесуточная температура воздуха, °С | 11,6   | 19,9  | 20,8  | 24,0   |
| Средняя многолетняя, °С                | 15,0   | 18,3  | 19,8  | 18,9   |
| Отклонение от нормы, °С                | -3,4   | +1,6  | +1,0  | +5,1   |
| Количество осадков, мм                 | 40,0   | 137,0 | 29,0  | 40,0   |
| Средняя многолетняя сумма осадков, мм  | 44,0   | 56,0  | 56,0  | 48,0   |
| Отклонение от нормы, мм                | -4,0   | +81,0 | -27,0 | -8,0   |
| <b>2023 год</b>                        |        |       |       |        |
| Среднесуточная температура воздуха, °С | 14,5   | 17,0  | 20,9  | 22,1   |
| Средняя многолетняя, °С                | 15,0   | 18,3  | 19,8  | 18,9   |
| Отклонение от нормы, °С                | -0,5   | -1,3  | +1,1  | +3,2   |
| Количество осадков, мм                 | 19,0   | 64,0  | 43,0  | 23,0   |
| Средняя многолетняя сумма осадков, мм  | 44,0   | 56,0  | 56,0  | 48,0   |
| Отклонение от нормы, мм                | -25,0  | +8,0  | -13,0 | -25,0  |

Вегетационный период 2022 год характеризовался увлажненными условиями первой и засушливыми второй половины вегетации. Посев был проведен в хорошо увлажненную, но недостаточно прогретую почву. Всходы появились только на 12-ый день. Отмечалось замедление 1 этапа органогенеза. Недостаточное количество осадков в период выметывание – налив зерна значительно снизило урожай и крупность зерна.

Вегетационный период 2023 года характеризовался благоприятными условиями для роста и развития растений проса. Посев был проведен в увлажненную, но недостаточно прогретую почву. Всходы появились на 11-й день. Дальнейшее развитие растений проса происходило при достаточном увлажнении и оптимальной температуре. Цветение и оплодотворение проходило при благоприятных для этого этапа условиях (22,1°С), что положительно сказалось на озерненности метелок проса. Наличие достаточного тепла и влаги в период налива и созревания зерна проса способствовали формированию хорошей урожайности проса.

Полевые опыты были заложены по озимой пшенице в селекционном севообороте Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева. В качестве материала исследований были взяты шесть сортов: Степное 9, Колоритное 15, Саратовское 6, Сангвинеум 74-022, Кокцинеум 80-022, Флявум 81-022. Для комплексной оценки продуктивности нами были рассчитаны селекционные индексы.

Работу по определению морфофизиологических показателей различных сортов проса провели в фазу цветения. При изучении ассимиляционного аппарата сортов определялась площадь верхних листьев расчетным способом по Методическим указаниям ВИР (1984), содержание зеленых пигментов - по общепринятой методике.

Результаты опыта были обработаны с помощью корреляционного анализа. В конкретный год изучения для конкретной совокупности сортов проса были определены и проанализированы индивидуальные корреляционные моменты (П.П. Литун, А.В. Руденко, 1985).

#### Результаты и их обсуждение

Наибольшая продуктивность метелки была у Степного 9, Кокцинеум 80-022, наименьшая продуктивность метелки отмечена у Колоритного 15 и Флявум 81-022 (табл. 2).

Таблица 2

#### Хозяйственно ценные показатели и селекционные индексы

| Сорта             | Показатели                |                     |                                    |                   |                     |                  |                                   |
|-------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------------------------|
|                   | Продуктивность метелки, г | Масса 1000 зерен, г | Длина вегетационного периода, дней | Полтавский индекс | Мексиканский индекс | Канадский индекс | Индекс линейной плотности метелки |
| <b>2022 год</b>   |                           |                     |                                    |                   |                     |                  |                                   |
| Степное 9         | 2,4                       | 8,3                 | 85                                 | 0,14              | 0,035               | 0,140            | 16,3                              |
| Колоритное 15     | 1,4                       | 7,8                 | 81                                 | 0,09              | 0,019               | 0,073            | 9,4                               |
| Саратовское 6     | 1,6                       | 8,3                 | 79                                 | 0,10              | 0,025               | 0,094            | 11,3                              |
| Сангвинеум 74-022 | 1,5                       | 7,9                 | 81                                 | 0,11              | 0,021               | 0,087            | 11,0                              |
| Кокцинеум 80-022  | 1,7                       | 7,8                 | 83                                 | 0,11              | 0,022               | 0,083            | 10,6                              |
| Флявум 81-022     | 1,5                       | 8,4                 | 87                                 | 0,10              | 0,017               | 0,067            | 8,0                               |
| <b>2023 год</b>   |                           |                     |                                    |                   |                     |                  |                                   |
| Степное 9         | 3,6                       | 8,7                 | 90                                 | 0,22              | 0,039               | 0,19             | 21,6                              |
| Колоритное 15     | 2,5                       | 8,7                 | 87                                 | 0,16              | 0,028               | 0,13             | 14,9                              |
| Саратовское 6     | 2,7                       | 8,4                 | 84                                 | 0,18              | 0,031               | 0,15             | 17,4                              |
| Сангвинеум 74-022 | 3,0                       | 8,2                 | 86                                 | 0,21              | 0,037               | 0,16             | 19,8                              |
| Кокцинеум 80-022  | 3,5                       | 8,6                 | 86                                 | 0,20              | 0,035               | 0,15             | 17,8                              |
| Флявум 81-022     | 2,6                       | 8,8                 | 88                                 | 0,15              | 0,023               | 0,10             | 11,8                              |

Флявум 81-022 имел самое крупное зерно - масса 1000 зерен 8,4-8,8 г. У сорта Сангвинеум 74-022 было сформировано самое мелкое зерно - масса 1000 зерен 7,8-8,2 г.

Наименьшая длина вегетационного периода наблюдалась у скороспелого сорта Саратовское 6 (79-84 дней от всходов до полного созревания). Колоритное 15, Сангвинеум 74-022, Кокцинеум 80-022 имели средний вегетационный период (81-87 дней), Степное 9 и Флявум 81-022 характеризовались среднепоздним вегетационным периодом (85-90 дней).

Селекционные индексы позволяют полнее раскрывать свойства изучаемых генотипов [4, 5]. Наибольшие показатели селекционных индексов в изученные годы имел сорт Степное 9. Наименьшие значения селекционных индексов имели сорт Колоритное 15 и Флявум 81-022, так как они имели наименьшую продуктивность метелки.

Морфофизиологические признаки определялись в фазу цветения проса. С этого этапа органогенеза начинается период формирования и налива зерна проса, формируется максимальная площадь листовой поверхности [6, 7].

По величине индекса интенсивности в фазу цветения выделился сорт Степное 9. Это связано со значительной массой побега при относительно небольшой высоте растения. Наименьший индекс интенсивности имел сорт Колоритное 15 (табл. 3).

Таблица 3

**Морфофизиологические признаки сортов проса в фазу цветения**

| Показатели                                       | Степное 9 | Колоритное 15 | Саратовское 6 | Сангвинеум 74-022 | Кокцинеум 80-022 | Флявум 81-022 |
|--------------------------------------------------|-----------|---------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|
| <b>2022 год</b>                                  |           |               |               |                   |                  |               |
| Высота растения, см                              | 73,2      | 77,2          | 69,1          | 66,4              | 72,8             | 84,4          |
| Длина метелки, см                                | 19,1      | 19,1          | 17,4          | 16,2              | 20,4             | 20,8          |
| Площадь листьев, см <sup>2</sup>                 | 103,5     | 46,0          | 81,7          | 56,4              | 58,3             | 101,3         |
| Надземная биомасса проса, г                      |           |               |               |                   |                  |               |
| общая сырая                                      | 140,26    | 76,8          | 89,19         | 86,06             | 75,9             | 131,55        |
| сухая                                            | 51,52     | 27,9          | 34,6          | 32,71             | 26,7             | 45,27         |
| Содержание хлорофилла: мг/г<br>абс. сух. в-ва: а | 2,2       | 1,8           | 2,6           | 2,0               | 2,3              | 2,0           |
| в                                                | 0,5       | 0,5           | 0,7           | 0,6               | 0,6              | 0,8           |
| а + в                                            | 2,7       | 2,3           | 3,3           | 2,6               | 2,9              | 2,8           |
| % сухого вещества                                | 40,9      | 43,7          | 39,6          | 39,1              | 43,1             | 43,3          |
| Индекс интенсивности                             | 0,070     | 0,036         | 0,050         | 0,049             | 0,037            | 0,054         |
| <b>2023 год</b>                                  |           |               |               |                   |                  |               |
| Высота растения, см                              | 94,4      | 92,0          | 95,7          | 92,7              | 99,0             | 109,3         |
| Длина метелки, см                                | 20,0      | 21,5          | 19,7          | 20,2              | 23,8             | 26,2          |
| Площадь листьев, см <sup>2</sup>                 | 264,6     | 130,0         | 108,9         | 184,0             | 155,6            | 267,0         |
| Надземная биомасса проса, г                      |           |               |               |                   |                  |               |
| общая сырая                                      | 303,65    | 159,38        | 187,06        | 243,32            | 213,92           | 354,24        |
| сухая                                            | 87,78     | 50,26         | 66,06         | 72,88             | 65,64            | 98,4          |
| Содержание хлорофилла: мг/г<br>абс. сух. в-ва: а | 2,7       | 2,3           | 3,1           | 2,7               | 2,8              | 4,3           |
| в                                                | 0,6       | 0,7           | 0,8           | 0,7               | 0,9              | 1,1           |
| а + в                                            | 3,3       | 3,0           | 3,9           | 3,4               | 3,7              | 5,4           |
| % сухого вещества                                | 36,0      | 39,8          | 34,8          | 36,5              | 33,8             | 35,1          |
| Индекс интенсивности                             | 0,093     | 0,055         | 0,069         | 0,079             | 0,066            | 0,090         |

Величина площади листьев и динамика ее формирования является одним из основных показателей фотосинтетической деятельности растений. По площади листовой поверхности растения выделились Степное 9 и Флявум 81-022. Наименьшая площадь листьев отмечена у сорта Колоритное 15.

Существенным показателем физиологической активности листьев является содержание в них пигментов. Содержание хлорофиллов (а + в) в фазу цветения метелки было высоким у

сортов Саратовское 6 и Флявум 81-022, небольшое содержание хлорофилла (а + в) было у сорта Колоритного 15. У Флявум 81-022 была большая площадь листовой поверхности и самое высокое содержание хлорофилла.

Коэффициенты межсортовой корреляции между морфобиологическими, хозяйственно ценными, физиологическими признаками представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции между признаками у сортов проса**

| Сопряженные показатели                        | Коэффициенты парной корреляции |          |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|----------|
|                                               | 2022 год                       | 2023 год |
| Масса зерна с метелки – вегетационный период  | 0,37                           | 0,37     |
| Масса зерна с метелки – масса 1000 зерен      | 0,37                           | -0,03    |
| Масса зерна с метелки – содержание хлорофилла | -0,39                          | -0,44    |
| Масса зерна с метелки – площадь листьев       | 0,59                           | 0,32     |
| Масса зерна с метелки – надземная биомасса    | 0,68                           | 0,21     |
| Масса 1000 зерен – вегетационный период       | 0,43                           | 0,64     |
| Масса 1000 зерен – содержание хлорофилла      | 0,23                           | 0,23     |
| Масса 1000 зерен – площадь листьев            | 0,94*                          | 0,45     |
| Масса 1000 зерен – надземная биомасса         | 0,84*                          | 0,30     |
| Содержание хлорофилла – вегетационный период  | -0,34                          | -0,17    |
| Содержание хлорофилла – площадь листьев       | 0,05                           | 0,26     |
| Содержание хлорофилла – надземная биомасса    | -0,29                          | 0,53     |
| Площадь листьев – вегетационный период        | 0,64                           | 0,84*    |
| Площадь листьев – надземная биомасса          | 0,93*                          | 0,91*    |
| Надземная биомасса – вегетационный период     | 0,67                           | 0,56     |

Примечание: \* – достоверно соответственно на 5% уровне

Анализ коэффициентов корреляции показал, что масса зерна с метелки положительно коррелировала с вегетационным периодом, с площадью листьев, с надземной биомассой, отрицательно коррелировала с содержанием хлорофилла. Положительная корреляционная связь с массой 1000 зерен отмечалась в засушливом 2022 году. Масса 1000 зерен положительно коррелировала с вегетационным периодом, с содержанием хлорофилла, с площадью листьев, с надземной биомассой. Содержание хлорофилла положительно коррелировало в 2023 году с площадью листьев и надземной биомассой, отрицательно коррелировало с вегетационным периодом и в 2022 году с надземной биомассой.

Площадь листьев была положительно связана с вегетационным периодом, с надземной биомассой. Надземная биомасса положительно коррелировала с вегетационным периодом.

Полученные межсортовые коэффициенты корреляции отражают средние значения соотношения признаков для изученной совокупности. Поэтому при изучении коэффициентов корреляции нам было важно определить и проанализировать индивидуальные корреляционные моменты в конкретный год изучения для конкретного сорта (табл. 5).

В 2022 и 2023 гг. корреляционные моменты между всеми изученными показателями были высокими у сорта Степное 9. Высокие положительные корреляционные моменты были между массой зерна с метелки и вегетационным периодом, массой зерна с метелки и площадью листьев, массой зерна с метелки и надземной биомассой, массой 1000 зерен и вегетационным периодом, массой 1000 зерен и площадью листьев, массой 1000 зерен и надземной биомассой, площадью листьев и вегетационным периодом, площадью листьев и надземной биомассой, надземной биомассой и вегетационным периодом. Между другими признаками отмечались высокие отрицательные корреляционные моменты.

**Индивидуальные корреляционные моменты у сортов проса**

| Сопряженные показатели                        | Годы | Сорт      |               |               |                   |                  |               |
|-----------------------------------------------|------|-----------|---------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|
|                                               |      | Степное 9 | Колоритное 15 | Саратовское 6 | Сангвинеум 74-022 | Кокцинеум 80-022 | Флявум 81-022 |
| Масса зерна с метелки – вегетационный период  | 2022 | 1,50      | 0,60          | 0,31          | 0,50              | 0,00             | -0,69         |
|                                               | 2023 | 2,40      | -0,10         | 0,90          | -0,02             | -0,44            | -0,50         |
| Масса зерна с метелки – масса 1000 зерен      | 2022 | 1,68      | 0,83          | -0,17         | 0,45              | 0,00             | -0,57         |
|                                               | 2023 | 0,9       | -0,62         | 0,50          | -0,10             | 0,00             | -0,84         |
| Масса зерна с метелки – содержание хлорофилла | 2022 | -2,40     | 0,67          | -0,50         | 0,10              | 0,00             | -0,20         |
|                                               | 2023 | -1,60     | 0,70          | -0,16         | -0,02             | 0,00             | -1,54         |
| Масса зерна с метелки – площадь листьев       | 2022 | 2,50      | 1,00          | -0,06         | 0,60              | 0,0              | -0,50         |
|                                               | 2023 | 1,60      | 0,84          | 0,70          | 0,00              | -0,44            | -0,80         |
| Масса зерна с метелки – надземная биомасса    | 2022 | 3,22      | 0,82          | 0,06          | 0,40              | 0,00             | -0,40         |
|                                               | 2023 | 1,29      | 1,38          | 0,31          | 0,00              | -0,51            | -1,20         |
| Масса 1000 зерен – вегетационный период       | 2022 | 0,70      | 0,70          | -1,00         | 0,46              | 0,00             | 1,72          |
|                                               | 2023 | 1,10      | 0,10          | 1,20          | 0,80              | -0,04            | 0,70          |
| Масса 1000 зерен – содержание хлорофилла      | 2022 | -0,90     | 0,96          | 1,30          | 0,16              | -0,50            | 0,36          |
|                                               | 2023 | -0,50     | -0,40         | -0,10         | 0,54              | 0,00             | 1,84          |
| Масса 1000 зерен – площадь листьев            | 2022 | 1,20      | 1,30          | 0,40          | 0,64              | 0,74             | 1,34          |
|                                               | 2023 | 0,84      | -0,40         | 0,94          | 0,04              | -0,05            | 1,30          |
| Масса 1000 зерен – надземная биомасса         | 2022 | 1,30      | 0,92          | -0,10         | 0,46              | 1,20             | 1,26          |
|                                               | 2023 | 0,54      | -0,70         | 0,36          | 0,14              | -0,06            | 1,52          |
| Содержание хлорофилла – вегетационный период  | 2022 | -0,90     | 0,60          | -2,24         | 0,10              | 0,00             | 0,40          |
|                                               | 2023 | -1,80     | -0,07         | -0,32         | 0,10              | 0,00             | 1,10          |
| Содержание хлорофилла – площадь листьев       | 2022 | -1,40     | 1,10          | 0,40          | 0,20              | -0,33            | 0,33          |
|                                               | 2023 | -1,16     | 0,66          | -0,20         | 0,00              | 0,00             | 2,24          |
| Содержание хлорофилла – надземная биомасса    | 2022 | -1,98     | 0,77          | -0,32         | 0,08              | -0,54            | 0,26          |
|                                               | 2023 | -0,80     | 1,22          | -0,07         | 0,01              | 0,00             | 2,80          |
| Площадь листьев – вегетационный период        | 2022 | 1,04      | 0,84          | -0,37         | 0,60              | 0,00             | 1,71          |
|                                               | 2023 | 2,24      | -0,07         | 1,73          | 0,00              | 0,27             | 0,84          |
| Площадь листьев – надземная биомасса          | 2022 | 2,1       | 1,2           | -0,05         | 0,4               | 0,80             | 1,1           |
|                                               | 2023 | 1,14      | 1,26          | 0,64          | 0,0               | 0,45             | 1,94          |

У сорта Колоритное 15 наблюдались высокие положительные корреляционные моменты между массой зерна с метелки и содержанием хлорофилла, массой зерна с метелки и площадью листьев, массой зерна с метелки и надземной биомассой, а также между содержанием хлорофилла и площадью листьев, содержанием хлорофилла и надземной биомассой, площадью листьев и надземной биомассой. В 2022 году высокие положительные показатели были между массой зерна с метелки и вегетационным периодом, массой 1000 зерен и вегетационным периодом, массой 1000 зерен и содержанием хлорофилла, массой 1000 зерен и площадью листьев, массой 1000 зерен и надземной биомассой, содержанием хлорофилла и вегетационным периодом, площадью листьев и вегетационным периодом, надземной биомассой и вегетационным периодом. В 2023 году высокий отрицательный корреляционный момент был между массой 1000 зерен и надземной биомассой.

У Саратовского 6 в 2023 году высокие положительные корреляционные моменты были между массой зерна с метелки и вегетационным периодом, массой зерна с метелки и площадью листьев, массой 1000 зерен и вегетационным периодом, массой 1000 зерен и площадью листьев, площадью листьев и вегетационным периодом, площадью листьев и надземной биомассой, надземной биомассой и вегетационным периодом. В 2022 году высокие отрицательные показатели были между массой зерна с метелки и содержанием хлорофилла,

массой 1000 зерен и вегетационным периодом, содержанием хлорофилла и вегетационным периодом, а также высокий положительный корреляционный момент между содержанием хлорофилла и вегетационным периодом.

У Сангвинеум 74-022 в 2022 году отмечены высокие корреляционные моменты между массой зерна с метелки и вегетационным периодом, массой зерна с метелки и площадью листьев, массой 1000 зерен и площадью листьев, площадью листьев и вегетационным периодом, а в 2023 году между массой 1000 зерен и вегетационным периодом, массой 1000 зерен и содержанием хлорофилла.

У Кокцинеум 80-022 в 2022 году высокие положительные корреляционные моменты были между массой 1000 зерен и площадью листьев, массой 1000 зерен и надземной биомассой, площадью листьев и надземной биомассой. Высокие отрицательные показатели были в 2022 году между массой 1000 зерен и содержанием хлорофилла, содержанием хлорофилла и надземной биомассой. В 2023 году отмечен отрицательный корреляционный момент между массой зерна с метелки и надземной биомассой.

У Флявум 81-022 между массой зерна с метелки и вегетационным периодом, массой зерна с метелки и площадью листьев, массой зерна с метелки и надземной биомассой, содержанием хлорофилла были высокие отрицательные корреляционные моменты. Между массой 1000 зерен и вегетационным периодом, массой 1000 зерен и содержанием хлорофилла, массой 1000 зерен и площадью листьев, массой 1000 зерен и надземной биомассой, площадью листьев и вегетационным периодом, надземной биомассой и вегетационным периодом отмечены высокие положительные показатели. В 2023 году между содержанием хлорофилла и вегетационным периодом, содержанием хлорофилла и площадью листьев, содержанием хлорофилла и надземной биомассой отмечены высокие положительные корреляционные моменты, а между массой зерна с метелки и содержанием хлорофилла – высокие отрицательные.

### **Заключение**

По результатам оценки образцов по продуктивности метелки, массе 1000 зерен и селекционным индексам нами выделен сорт Степное 9, который в фазу цветения характеризовался значительной массой побега при относительно небольшой высоте растения, имел высокий индекс интенсивности, большую площадь листьев. Продуктивность метелки и масса 1000 зерен этого сорта положительно коррелировали с вегетационным периодом, площадью листьев, надземной биомассой, отрицательно коррелировали с содержанием хлорофилла. У этого сорта были высокие индивидуальные корреляционные моменты между всеми изученными признаками.

Наиболее значимыми признаками для формирования высокой продуктивности метелки являются вегетационный период, масса 1000 зерен, площадь листьев и надземная биомасса в период цветения проса. Формированию более крупного зерна способствует продолжительный вегетационный период, высокое содержание хлорофилла, крупные листья и большая надземная биомасса в период цветения проса. Содержание хлорофилла было больше у скороспелого сорта Саратовское 6 во все годы, а у среднепозднего Флявум 81-022 – только в благоприятном 2023 году. Наибольшая площадь листьев и надземная биомасса отмечена у среднепоздних сортов.

Выявленные в результате корреляционного анализа морфобиологические и физиологические признаки, влияющие на продуктивность сортов проса, могут быть использованы в селекции при отборе высокопродуктивных форм.

### **Литература**

1. Никифорова И.Ю., Фадеева А.Н., Петрякова Н.В. Показатели фотосинтетической деятельности посевов проса посевного по группам спелости. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 46-52. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10015.
2. Сокурова Л.Х. Морфобиологические особенности и селекционная ценность коллекции проса в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3 (27). – С. 67-71. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-1035.

3. Сурков А.Ю., Суркова И.В., Чевердина Г.В. Продуктивность и морфофизиологические показатели различных морфотипов проса. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С. 89-98. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-89-98.
4. Драгавцев В.А. Эколого-генетическая организация полигенных признаков растений и теория селекционных индексов. // Молекулярная и прикладная генетика. – 2009. – Т. 9. – С. 11-13.
5. Воробьев В.А., Воробьев А.В. Роль селекционных индексов в оценке продуктивности яровой пшеницы. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 9. – С. 37-39. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10909.
6. Анохина Т.А., Якута О.Н. Интенсивность накопления сухого вещества растениями проса при разных способах посева. // Научные приоритеты инновационного развития отрасли растениеводства: результаты и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции 23-24 июня 2011. – Жодино. - 2011. – С. 42-45.
7. Волкова А.В. Влияние приемов технологии на формирование площади листьев и фотосинтетического потенциала посевов проса в условиях лесостепи Среднего Поволжья. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 49-54.

### References

1. Nikiforova I.Ju., Fadeeva A.N., Petrjakova N.V. Pokazateli fotosinteticheskoj deja-tel'nosti posevov prosa posevnogo po gruppam spelosti [Indicators of photosynthetic activity of millet crops by ripeness groups]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2018, no. 18 (26), pp. 46-52. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10015. (In Russian)
2. Sokurova L.H. Morfobiologicheskie osobennosti i selekcionnaja cennost' kollekcii prosa v uslovijah stepnoj zony Kabardino-Balkarii [Morphobiological features and selection value of millet collection in conditions of steppe zone of Kabardino-Balkaria]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2018, no. 3 (27), pp. 67-71. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-1035. (In Russian)
3. Surkov A.Yu., Surkova I.V., Cheverdina G.V. Produktivnost` i morfofiziologicheskie pokazateli razlichny`x morfortipov prosa [Productivity and morphophysiological indicators of various millet morphotypes]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2021, no. 2 (38), pp. 89-98. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-89-98. (In Russian)
4. Dragavcev V.A. Jekologo-geneticheskaja organizacija poligennyh priznakov rastenij i teorija selekcionnyh indeksov [Environmental genetic organization of polygenic features of plants and theory of breeding indices]. *Molekuljarnaja i prikladnaja genetika – Molecular and applied genetics*, 2009, Vol. 9, pp. 11-13. (In Russian)
5. Vorob'ev V.A., Vorob'ev A.V. Rol' selekcionnyh indeksov v ocenke produktivnosti jarovoj pshenicy [Role of breeding indices in the estimation of spring wheat productivity]. *Dostizhenija nauki i tehniki APK – Achievements of science and technology agro-industrial complex*, 2018, no. 9, pp. 37-39. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10909. (In Russian)
6. Anohina T.A., Jakuta O.N. Intensivnost' nakoplenija suhogo veshhestva rastenijami pro-sa pri raznyh sposobah poseva [Intensity of dry matter accumulation by millet plants in different sowing methods]. *Nauchnye priority innovacionnogo razvitija otrasli rastenievodstva: rezul'taty i perspektivy: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 23-24 ijunja 2011 – Scientific priorities of innovative development of the crop industry: results and prospects: Materials of the international scientific and practical conference on June 23-24, 2011, Zhodino, 2011*, pp. 42-45. (In Russian)
7. Volkova A.V. Vlijanie priemov tehnologii na formirovanie ploshhadi list'ev i foto-sinteticheskogo potenciala posevov prosa v uslovijah Lesostepi Srednego Povolzh'ja [Influence of technology techniques on formation of leaf area and photosynthetic potential of millet crops in conditions of forest-steppe of the Middle Volga region]. *Izvestija Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii – News of the Samara State Agricultural Academy*, 2013, no. 4, pp. 49-54. (In Russian)

**ОЦЕНКА РОЛИ КОРМОВОГО СУБСТРАТА НА РАЗВИТИЕ ФАСОЛЕВОЙ  
ЗЕРНОВКИ *ACANTHOSCELIDES OBTECTUS* (SAY) (COLEOPTERA:  
CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE)**

**С.В. ЛОПАТИНА<sup>1,2</sup>**, аспирантка, E-mail: lopatina.sof@mail.ru

**С.В. ЛУКЬЯНЦЕВ<sup>2</sup>**, кандидат биологических наук

<sup>1</sup>ТОМСКИЙ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВСЕРОССИЙСКИЙ ЦЕНТР КАРАНТИНА РАСТЕНИЙ  
(ФГБУ «ВНИИКР»)

<sup>2</sup>ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ,

**Аннотация.** Исследования предпочтений широкого спектра растений-хозяев брухид отсутствуют из-за обычно их узкой пищевой специализации. Тем не менее, фасолевая зерновка *Acanthoscelides obtectus* (Say), как и ряд других видов брухид, может развиваться и размножаться в условиях хранения на семенах различных бобовых, что было доказано на практике. Это открывает широкие возможности для изучения ее пищевой специализации. В данной работе изучалась пригодность четырех различных видов зернобобовых культур – гороха *Pisum sativum* L., сои *Glycine max* (L.) Merr., нута *Cicer arietinum* L. и чечевицы *Lens culinaris* Medik. – для развития фасолевой зерновки в лабораторных условиях. Самый высокий процент поврежденных семян был у нута, в среднем 36,23%, у сои и гороха было повреждено три (0,28%) и одно семя (0,14%) соответственно, у чечевицы спустя 4 месяца наблюдений повреждений не наблюдалось. Количество вылетевших жуков первого поколения, выращенных на новом субстрате, также сильно различалось: из трех повторностей нута вышел 101 жук, из сои – 9, из гороха – 1. Продолжительность развития фасолевой зерновки на нуте составила 45 дней, на сое и горохе жуки появились еще спустя месяц.

**Ключевые слова:** *Acanthoscelides obtectus*, пищевая специализация, зернобобовые культуры, вредители запасов.

**Для цитирования:** Лопатина С.В., Лукьянцев С.В. Оценка роли кормового субстрата на развитие фасолевой зерновки *Acanthoscelides Obtectus* (say) (coleoptera: chrysomelidae: bruchinae). Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 4(52):104-109. DOI: 10.24412/2309-348X- 2024-4-104-109

**ASSESSMENT OF THE ROLE OF FEED SUBSTRATE ON THE DEVELOPMENT OF  
THE BEAN WEEVIL *ACANTHOSCELIDES OBTECTUS* (SAY) (COLEOPTERA:  
CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE)**

**S.V. Lopatina<sup>1,2</sup>, S.V. Lukyantsev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>TOMSK BRANCH OF ALL-RUSSIAN PLANT QUARANTINE CENTER (VNIKR)

<sup>2</sup>TOMSK STATE UNIVERSITY, DEPARTMENT OF AGRICULTURAL BIOLOGY

**Abstract:** Studies of the broad host plant preferences of bruchids are lacking due to their usually narrow dietary specialization. However, the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say), like a number of other bruchid species, can develop and reproduce under storage conditions on the seeds of various legumes, which has been proven in practice. This opens up wide opportunities for studying its food specialization. In this study, the suitability of four different legume species – pea *Pisum sativum* L., soybean *Glycine max* (L.) Merr., chickpea *Cicer arietinum* L. and lentil *Lens culinaris* Medik. – for the development of bean weevil under laboratory conditions was investigated. The highest percentage of damaged seeds was in chickpeas, an average of 36.23%, in soybeans and peas

three (0.28%) and one seed (0.14%) were damaged, respectively, in lentils no damage was observed after 4 months of observation. The number of first-generation beetles that emerged from the new substrate also varied greatly: 101 beetles emerged from three replicates of chickpeas, 9 from soybeans, and 1 from peas. The development period of the bean weevil on chickpeas was 45 days, while on soybeans and peas the beetles appeared another month later.

**Keywords:** *Acanthoscelides obtectus*, food specialization, grain legumes, stock pests.

Распространение фасолевого зерновки в настоящее время является всесветным (космополитическим) [1]. Нативный ареал фасолевого зерновки охватывает север Южной и юг Северной Америки, что совпадает с распространением дикорастущих форм её основного кормового растения – фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.). Здесь, в экваториальном поясе Америки, сезонные изменения среды слабо выражены, что привело к формированию у этого насекомого поливольтинного годичного цикла без выраженной сезонной диапаузы и развитием в созревающем и зрелом зерне фасоли обыкновенной, что наблюдается как в полевых условиях, так и при хранении. Это способствовало широкому распространению инвайдера с зерном фасоли и становлению у него космополитного ареала, берущего начало от двух генетических центров: мезоамериканского и андского, первичным из которых считается андский [2].

На территории бывшего СССР фасолевого зерновку впервые обнаружили в 1918-1920 гг. в Крыму, а в 1924 г. - в Абхазии (Сухуми) (И.В.Васильев, 1934, В.А. Павлюшин, А.М. Лазарев, 2004). До середины 1980-х годов этот вредитель не отмечался севернее 52° с. ш. (Т.Н. Балашов и др. 1989). В настоящее время северная граница его распространения доходит до 56° с. ш. Эпизодически фасолевого зерновка встречается на юге Западной Сибири, есть указания о её находках в Восточной Сибири. В хранилищах встречается значительно севернее. На юге, в частности, на Черноморском побережье Кавказа, в западном Предкавказье и в Крыму она обычна. Указана для Тульской, Рязанской, Белгородской, Липецкой, Ульяновской, Самарской, Ярославской областей, Татарстана, Башкортостана, Чувашии [3]. На юге Томской области *A. obtectus* sporadически отмечается в посевах фасоли в последние 30 лет [4].

В регионах с теплым климатом образует свободноживущие природные популяции, в более холодных регионах нуждается в теплых помещениях для зимовки (склады, дома, квартиры, где хранятся запасы фасоли, даже небольшого объема которых, как правило, бывает достаточно для поддержания точечных синантропных микропопуляций). Этот вредитель проникает практически всюду, куда завозят фасоль, в т.ч. далеко на север, где не способен к прохождению зимовки в природных условиях, но может жить и размножаться в отапливаемых помещениях при наличии кормовой базы.

С 1993 года фасолевого зерновка включена Азиатско-Тихоокеанской комиссией по карантину и защите растений (АРРРС), в которую входит 25 стран, в список ограниченно распространенных карантинных организмов (A2 list), а с 2021 года зерновка входит в список отсутствующих карантинных организмов на территории КНР (A1 list), в Европе и Великобритании является регулируемым не карантинным вредным организмом (RNQP) [5].

Ранние сообщения о круге хозяев *A. obtectus* предполагали, что этот вид является вредителем, поражающим различные виды фасоли *Phaseolus* spp., а в зернохранилищах заражает также различные виды рода *Vigna* spp. (Ф.К. Лукьянович, М.Е Тер-Минасян 1957). Однако к настоящему времени исследования показали, что круг потенциальных диких и культивируемых видов-хозяев *A. obtectus* шире, хотя и не до конца изучен. Фасолевого зерновка, помимо фасоли, отмечалась на голубином горохе (*Cajanus cajan* (L.) Huth), нуте (*Cicer arietinum* L.), сое (*Glycine max* (L.) Merr.), лобии (*Lablab purpureus* (L.) Sweet), душистом горошке (*Lathyrus odoratus* L.), чечевице (*Lens culinaris* Medik.), египетском горохе (*Sesbania sesban* (L.) Merr.), садовых бобах (*Vicia faba* L.), вигне борцелистной (*Vigna aconitifolia* (Jacq.)), маше (*Vigna radiata* (L.)), вигне зонтичной (*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi), коровьем горохе (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), бамбарском земляном орехе (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) [6].

А. Szentesi [7] проанализировав 57 видов потенциальных растений-хозяев фасолевой зерновки, разделил их на 3 класса:

I) Хозяева (host) (H) – виды растений, которые полностью поддерживают развитие фасолевой зерновки путем размножения и регулярно являются источником естественных заражений. Например, в Венгрии этим условиям соответствуют только два вида – фасоль обыкновенная (*Ph. vulgaris*) и фасоль многоцветковая (*Ph.coccineus*);

II) Возможные хозяева (acceptable non-host) (ANH) – непризнанные виды растений, которые могут быть использованы в качестве подходящих субстратов для развития личинок в природе. Их развитие асинхронно с фенологией зерновки как во времени, так и в пространстве, поэтому самки лишь изредка могут использовать их для производства потомства, в основном на семенах в хранилищах. На таких хозяевах могут появиться взрослые особи, но время развития обычно затягивается, а смертность личинок высока (16 видов растений);

III) Не хозяева (non-host) (NH) – растения, которые являются непригодными в питательном отношении или даже токсичными и никогда не способствуют развитию фасолевой зерновки, хотя время от времени на их семена в хранилищах может происходить откладка яиц (39 видов растений).

Однако из 16 возможных хозяев (ANH) только 6 видов (*Vigna unguiculata* (65,2%), *Vigna angularis* (11,4%), *Cicer arietinum* (2,2%), *Vicia faba* (6,7%), *Lathyrus sativus* (57,8%)) дали взрослое потомство жуков, если семенная оболочка была не повреждена. Автор отмечает, что различия в предпочтениях между сортами могут быть такими же или даже большими, чем различия между видами. В то время как на различных сортах вигны личинки регулярно развивались до имаго, на сортах люпина, сои и лобии это происходило лишь спорадически. Из 27 сортов гороха посевного зерновка развивалась до имаго лишь на 13 сортах, если оболочка семян была не повреждена. Аналогичные значения наблюдались для 17 сортов сои: взрослые особи появились только из четырех сортов с неповрежденной семенной оболочкой. Из 2 сортов чечевицы ни из одного не вышли жуки.

По причине недостаточной изученности трофических связей фасолевой зерновки, в отечественной литературе неподтвержденная информация о растениях-хозяевах переносится из одних пособий для специалистов в другие [8, 9]. В подавляющем большинстве сообщения о находках фасолевой зерновки на том или ином субстрате даются без оценки степени его повреждения. Сай Мпу Фрегат [10] оценил влияние кормового субстрата шести бобовых культур (фасоль белая и красная, горох, кормовые бобы, соя, арахис) на развитие фасолевой зерновки. На сое и арахисе не было получено потомков, 10% внедрившихся в семена личинок первого возраста не смогли завершить свое развитие. В.А. Брадовский с соавторами отмечают негативное влияние гороха, проявляющееся в более длительных сроках развития, уменьшении средних размеров жуков и снижении плодовитости фасолевой зерновки [11]. Развитие личинки до взрослой особи в конечном итоге определяется химическим составом семядолей и зависит от присутствия вторичных метаболитов растений. Таксономическое распределение вторичных метаболитов ограничивает круг видов бобовых, в которых *A. obtectus* может завершить свой жизненный цикл, что отражает широту детоксикационной способности этого вида [12].

**Цель работы** – оценка пригодности четырех различных видов зернобобовых культур – гороха, сои, нута и чечевицы для развития фасолевой зерновки.

#### **Материал и методика**

Исследование проводилось в лаборатории кафедры сельскохозяйственной биологии Томского ГУ с марта по июль 2024 года. Развитие фасолевой зерновки и рост ее популяции на четырех различных видах зернобобовых культур (горох, соя, нут, чечевица) изучались в эксперименте без выбора (“no-choice” test) в лабораторных условиях. Для эксперимента использовались продовольственные семена, приобретенные в торговых сетях, за исключением сои сорта «Золотистая» омской селекции. Образцы семян обеззараживали замораживанием при температуре от -3°C до 1°C в течение недели для предотвращения контаминации. Затем образцы семян удаляли из морозильной камеры и переносили в помещение для

кондиционирования на две недели. По истечении двух недель из обеззараженных семян не появилось ни одного насекомого.

Популяция *A. obtectus*, использованная в данном исследовании, была выращена в лабораторных условиях в стеклянных банках (2 л) на фасоли обыкновенной в течение нескольких лет при постоянной температуре  $25 \pm 2$  °С и относительной влажности 50%, что соответствует наиболее часто используемым методам лабораторного содержания культур фасоловой зерновки [11]. Образцы семян объемом 60 мл в трех повторностях помещали в прозрачные стеклянные банки с вентилируемыми крышками. Каждый образец был заражен 20 недавно отродившимися случайно выбранными имаго фасоловой зерновки, без определения пола. Развитие зерновок поддерживалось при таких же условиях, что и маточная культура. Жукам давали откладывать яйца в течение двух недель, после чего их удаляли.

Были собраны следующие данные: количество вылетевшего потомства первого поколения, средний период развития, количество поврежденных и неповрежденных семян, среднее количество внедрений в одно семя, потеря массы семян.

Потеря массы семян рассчитывалась следующим образом:

$$\text{Потери массы (\%)} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100, \text{ где } m_1 - \text{исходная масса семян;}$$

$m_2$  – конечная масса семян. Количество отверстий на семя рассчитывалось следующим образом:

$$\frac{\text{количество отверстий}}{\text{количество поврежденных семян}}$$

Поскольку семена имели разный размер, в одинаковом занимаемом объеме (60 мл) их вес варьировался от 46,5 г у сои до 60,2 г у гороха. Массу семян определяли при комнатной температуре с помощью электронных весов (ООО МИДЛиК, Россия), с погрешностью 0,01 г.

### Результаты и обсуждение

Самый высокий процент поврежденных семян был у нута, в среднем 36,23%, у сои и гороха было повреждено три (0,28%) и одно семя (0,14%) соответственно, у чечевицы спустя 4 месяца наблюдений повреждений не наблюдалось (табл. 1-2).

Количество вылетевших жуков первого поколения, выращенных на новом субстрате, также сильно различалось: из трех повторностей нута вышел 101 жук, из сои – 9, из гороха – 1. Количество внедрений у нута доходило до 13 на одном семени, у сои из девяти внедрений шесть пришлось на одно семя. Здесь стоит отметить, что при смене растения-хозяина у фасоловой зерновки репродуктивная способность снижается более чем на треть [13]. Однако снижение плодовитости самки не влияло на способность личинки первого возраста внедриться в семя и завершить свое развитие. Поскольку в нашем эксперименте самки отложили яйца на все 4 вида растений, то причина низкого процента повреждения либо его отсутствия заключается не в специфике адаптации к новому хозяину.

Таблица 1

### Исходные данные о поврежденности фасоловой зерновкой после выхода первого поколения жуков

| Показатели                    | НУТ    |        |        | СОЯ    |        |        | ГОРОХ  |        |        |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                               | I      | II     | III    | I      | II     | III    | I      | II     | III    |
| Общее количество семян        | 228    | 196    | 208    | 328    | 350    | 404    | 238    | 227    | 225    |
| Количество поврежденных семян | 75     | 73     | 81     | 1      | 2      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| Общее количество внедрений    | 313    | 368    | 317    | 1      | 8      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| Количество вылетевших жуков   | 31     | 65     | 5      | 1      | 8      | 0      | 0      | 0      | 1      |
| Исходная масса семян, г       | 52,289 | 52,327 | 54,171 | 47,695 | 52,405 | 46,483 | 60,212 | 59,364 | 58,026 |
| Конечная масса семян, г       | 51,658 | 50,057 | 51,133 | 47,69  | 52,343 | 46,483 | 60,212 | 59,364 | 57,983 |

Продолжительность развития фасоловой зерновки на нуте составила 45 дней, на сое и горохе имаго жуков появились спустя еще месяц.

Таблица 2

**Обработанные результаты заражения четырех зернобобовых культур фасоловой зерновкой,  $\bar{x}$**

| Культура | Выход взрослых особей (%) из семян | Количество внедрений на семя, шт. | Потеря массы семян, % |
|----------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Нут      | 15,98                              | 4,37                              | 3,89                  |
| Соя      | 0,83                               | 1,66                              | 0,04                  |
| Горох    | 0,14                               | 0,33                              | 0,02                  |
| Чечевица | 0                                  | 0                                 | 0                     |

Наши данные в целом согласуются с исследованиями A. Szentesi [7]: нут повреждается гораздо больше сои и гороха, в то время как чечевица была не тронута фасоловой зерновкой. Однако, у A. Szentesi на некоторых сортах сои и гороха выход имаго доходил до 7,9% и 37,8% соответственно, в то время как на наших сортах этот показатель был значительно ниже даже на нуте. С учетом этого мы поддерживаем замечания о том, что различия в предпочтениях между сортами могут быть такими же или даже более выраженными, чем различия между видами. Поэтому достоверность исследований о пищевых предпочтениях фасоловой зерновки будет зависеть от того, использовали ли авторы достаточно широкий спектр сортов кормовых растений.

**Заключение**

Таким образом, исходя из полученных результатов и анализа литературных источников рекомендуется исключить чечевицу из перечня возможных растений-хозяев фасоловой зерновки.

**Литература**

- Anton K.-W. 2010. Subfamily Bruchinae. In: Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 6: Chrysomeloidea. Eds. Löbl I., Smetana A. Stenstrup: Apollo Books. P. 339-353.
- Alvarez N., McKey D., Hossaert-McKey M., Born C., Mercier L., Benrey B. Ancient and recent evolutionary history of the bruchid beetle, *Acanthoscelides obtectus* Say, a cosmopolitan pest of beans // *Molecular Ecology*. 2005. Vol. 14. No. 4. P. 1015–1024.
- Масляков В. Ю., Ижевский С.С. Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России: Монография. – М.: ИГРАН, – 2011. – 272 с.
- Бабенко А.С., Михайлова С.И., Николаева И. В. Устойчивость фасоли к фасоловой зерновке *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera, Bruchidae) на северной границе ареала культуры // *Journal of Siberian Federal University. Biology*. – 2009. – № 2. – С. 13-17
- EPPO (2024) EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int> [accessed date 03.07.2024]
- Kingsolver J.M. Handbook of the Bruchidae of the United States and Canada (Insecta, Coleoptera) / United States Department of Agriculture // *Agricultural Research Service Technical Bulletin*. 2004. Vol. 1. No. 1912. 324 p
- Szentesi, A. (2020) How bean weevil (*Acanthoscelides obtectus*, Coleoptera, Bruchinae) larvae die on legume seeds. 18 November 2020, PREPRINT (Version 2) available at Research Square. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-44834/v2>
- Золоева Г.В. Атлас вредителей хлебных запасов / ФГБУ «Центр оценки качества зерна». – Москва: [б. и.], – 2015. – 76 с.
- Соколов Е.А. Вредители запасов, их карантинное значение и меры борьбы. Оренбург, Печатный дом "Димур". – 2004. – 104 с.
- Сай Мпу Фрегат. Биологическое обоснование для усовершенствования мероприятий по защите семян фасоли при хранении от фасоловой зерновки (автореф. канд. дисс.). – М.: МСХА, – 1992. – 24 с.

11. Брадовский В. А., Брадовская Н.П., Мардарь М.Д. Биологоэкологические особенности развития и размножения фасоловой зерновки (*Acanthoscelides obtectus* Say.) в условиях лаборатории. In: Protecția plantelor - realizări și perspective, Ed. 57, 27-28 octombrie 2020, Кишинев. Кишинев: "Print-Caro" SRL, 2020, nr.57, pp. 216-220. doi: <https://doi.org/10.53040/9789975347204.52>
12. Vuts, J., Powers, S. J., Venter, E., & Szentesi, A. (2024). A semiochemical view of the ecology of the seed beetle *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae). *Annals of Applied Biology*, 184(1), 19–36. <https://doi.org/10.1111/aab.12862>
13. Savković U, Đorđević M, Stojković B. Potential for *Acanthoscelides obtectus* to adapt to new hosts seen in laboratory selection experiments. *Insects*. 2019 May 29;10(6):153. doi: 10.3390/insects10060153.

### References

1. Anton K.-W. 2010. Subfamily Bruchinae. In: Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 6: Chrysomeloidea. Eds. Löbl I., Smetana A. Stenstrup: Apollo Books. Pp. 339-353.
2. Alvarez N., McKey D., Hossaert-McKey M., Born C., Mercier L., Benrey B. Ancient and recent evolutionary history of the bruchid beetle, *Acanthoscelides obtectus* Say, a cosmopolitan pest of beans // *Molecular Ecology*. 2005. Vol. 14. No. 4. P. 1015–1024.
3. Maslyakov V. Yu., Izhevskii S.S. Invazii rastitel'noyadnykh nasekomykh v evropeiskuyu chast' Rossii [Invasions of herbivorous insects in the European part of Russia]. Monograph. Moscow: IGRAN, 2011, 272 p. (In Russian)
4. Babenko A. S., Mikhailova S. I., Nikolaeva I. V. The Resistance of Haricot (*Phaseolus Vulgaris*) for Bean Weevil – *Acanthoscelides Obtectus* Sav (Coleoptera, Bruchidae) on the North Border of Crop's Distribution. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2009, no. 2, pp. 13–17.
5. EPPO (2024) EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int> [accessed 03.07.2024]
6. Kingsolver J.M. Handbook of the Bruchidae of the United States and Canada (Insecta, Coleoptera) / United States Department of Agriculture // *Agricultural Research Service Technical Bulletin*. 2004. Vol. 1. No. 1912. 324 p.
7. Szentensi A. (2020) How bean weevil (*Acanthoscelides obtectus*, Coleoptera, Bruchinae) larvae die on legume seeds. 18 November 2020, Preprint (Version 2) available at Research Square. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-44834/v2>
8. Atlas vrediteli khlebnnykh zapasov. [Atlas of grain pests]. FGBU "Tsentri otsenki kachestva zerna" - Federal State Budgetary Institution "Center for Grain Quality Assessment"; ed.: G. V. Zoloeva. Moscow, 2015, 76 p. (In Russian)
9. Sokolov E.A. Vrediteli zapasov, ikh karantinnoe znachenie i mery bor'by [Pests of stored products, their quarantine significance and control measures]. Orenburg, Pechatnyi dom "Dimur", 2004, 104 p. (In Russian)
10. Sai Mpu Fregat. Biologicheskoe obosnovanie dlya usovershenstvovaniya meropriyatii po zashchite semyan fasoli pri khranении ot fasolevoi zernovki [Biological justification for improving measures to protect bean seeds from bean weevil during storage]. Cand. bio. diss. Abstr. Moscow: MSKHA, 1992, 24 p. (In Russian)
11. Bradovskii V. A., Bradovskaya N.P., Mardar' M.D. Biological and ecological features of development and reproduction of bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* Say.) in laboratory conditions. In: "Plant Protection - Achievements and Prospects", Ed. 57, 27-28 October 2020, Kishinev. Kishinev: "Print-Caro" SRL, 2020, no.57, pp. 216-220. DOI: <https://doi.org/10.53040/9789975347204.52>
12. Vuts, J., Powers, S. J., Venter, E., & Szentesi, A. (2024). A semiochemical view of the ecology of the seed beetle *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae). *Annals of Applied Biology*, 184(1), 19–36. <https://doi.org/10.1111/aab.12862>
13. Savković U, Đorđević M, Stojković B. Potential for *Acanthoscelides obtectus* to adapt to new hosts seen in laboratory selection experiments. *Insects*. 2019 May 29;10(6):153. DOI: 10.3390/insects10060153.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН В СНИЖЕНИИ БОЛЕЗНЕЙ И ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ

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

Г.А. БУДАРИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0009-0000-9882-5278

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** В статье представлены результаты трехлетних полевых опытов по изучению влияния протравителя семян Виталона, КС на распространение и развитие корневых гнилей и бактериоза в посевах фасоли обыкновенной новых сортов селекции ФНЦ ЗБК и формировании их урожая. В результате исследований получены данные, позволившие при различных погодных условиях определить роль протравливания семян Виталоном, КС 2л/т в формировании урожая и снижении пораженности болезнями новых сортов фасоли обыкновенной Маркиза, Кунава и Стрела при различных сроках посева. Методом проведения учетов в период вегетации определена эффективность протравителя против бактериоза (7,1 - 61,7%) и корневых гнилей фасоли (9,9-70,7%). Выявлено достоверное увеличение урожайности в среднем за три года на 11,2%. Определены сортовые различия и различия в зависимости от срока посева в эффективности препарата. На фасоли сорта Кунава болезни в большей степени распространяются на втором сроке посева, но в то же время именно на втором сроке препарат Виталон, КС проявляет наибольшую эффективность. В отношении других сортов фасоли Стрела и Маркиза наблюдается обратная закономерность: Виталон, КС в большей степени был эффективен на фасоли первого срока посева. Данный факт следует учитывать в технологиях возделывания раннеспелых сортов фасоли и при ранних сроках их посева. Установлено, что рациональное применение препарата Виталон, КС позволяет в полной мере реализовать потенциальную семенную продуктивность фасоли обыкновенной сортов Маркиза, Кунава, Стрела, повышая их устойчивость к заболеваниям.

**Ключевые слова:** фасоль обыкновенная, сорта, предпосевная обработка, фунгициды, урожайность, структурный анализ, бактериоз фасоли, корневые фузариозные гнили, эффективность.

**Для цитирования:** Сорокина С.Ю., Бударина Г.А. Эффективность предпосевной обработки семян в снижении болезней и формировании урожая фасоли обыкновенной. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 4(52):110-117. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-110-117

## EFFECTIVENESS OF PRE-SOWING SEED TREATMENT IN REDUCING DISEASES AND FORMING THE YIELD OF COMMON BEANS

S. Yu. Sorokina, G.A. Budarina

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** The article presents the results of three-year field experiments on the effect of the seed treatment agent Vitalon, KS on the spread and development of root rot and bacteriosis in crops of common beans of new varieties bred by the Federal Scientific Center of Plant Breeding and the formation of their yield. The research yielded data that made it possible to determine the role of seed treatment with Vitalon, KS 2l/t in yield formation and reducing disease infestation of new varieties of common beans Markiza, Kupava and Strela under different weather conditions at different sowing dates. Using the method of conducting records during the growing season, the effectiveness of the

*seed treatment agent against bacteriosis (7.1 - 61.7%) and root rot of beans (9.9-70.7%) was determined. A reliable increase in yield on average by 11.2% over three years was revealed. Varietal differences and differences in the effectiveness of the drug depending on the sowing date were determined. On beans of the Kupava variety, diseases are more widespread in the second sowing period, but at the same time, it is in the second period that the Vitalon, KS preparation is most effective. With regard to other varieties of beans Strela and Markiza, the opposite pattern is observed: Vitalon, KS was more effective on beans of the first sowing period. This fact should be taken into account in the technologies of cultivating early-ripening varieties of beans and in the early stages of their sowing. It has been established that the rational use of the Vitalon, KS preparation allows to fully realize the potential seed productivity of common beans of the Markiza, Kupava, Strela varieties, increasing their resistance to diseases.*

**Keywords:** common beans, varieties, pre-sowing treatment, fungicides, yield, structural analysis, bean bacteriosis, fusarium root rot, efficiency.

### Введение

Успехи в селекции фасоли последних лет подтверждают возможности для повышения продуктивности сортов, что критически важно для обеспечения продовольственной безопасности страны. Рост интереса к культуре связан с активным продвижением здорового питания, разнообразием сортов фасоли и внедрением современных технологий переработки [1, 2, 3]. Одним из факторов сдерживания роста культивирования фасоли в РФ является широкое распространение болезней, связанное с высокой зараженностью семенного материала и почвы различными видами патогенных грибов и бактерий [4, 5]. Главным методом борьбы с заболеваниями остаются возделывание устойчивых сортов и соблюдение профилактических мероприятий, а именно протравливание семян, как наиболее безопасные и эффективные способы снижения вредоносности болезней сельскохозяйственных культур [4, 6, 7].

**Цель исследований** – изучить влияние предпосевной обработки семян протравителем Виталон, КС на развитие болезней и урожайность фасоли сортов Стрела, Маркиза, Купава при различных сроках посева.

### Материалы и методы исследований

Полевые опыты закладывали в 2022-2024 гг. в севообороте лаборатории агротехнологий и защиты растений ФНЦ ЗБК в 4-х кратной повторности на серой лесной среднесуглинистой среднекультуренной почве: гумус – 4,88%, азот – 9,5мг, фосфор – 16,7 мг, калий – 12,9 мг на 100 г почвы, рН<sub>сол</sub> 4,91. Рельеф слабо выражен, склон северный.

Размещение делянок, площадью 12 м<sup>2</sup>, рендомизированное, способ посева широкорядный (45 см) сеялкой СКС-6-10, с нормой высева 350 тыс. всхожих семян на гектар в сроки – 2-я и 3-я декады мая (в схеме I и II сроки посева).

Виталон, КС (тирам 400 г/л + тебуконазол 14 г/л), 2,0 л/т; – фунгицидный протравитель семян зерновых культур, с широким спектром действия против патогенных микроорганизмов, в том числе возбудителей корневой гнили бактериальной этиологии, обладающий контактно системным действием и контролирующей большинство заболеваний на начальных этапах роста растения применялся в соответствии с регламентом за 7-14 дней до посева.

### Схема опыта:

- Сорт Маркиза I срок посева (без обработки);
- Сорт Маркиза I срок посева Виталон, СК (тирам 400 г/л + тебуконазол, 14 г/л), 2,0 л/т;
- Сорт Маркиза II срок посева (без обработки);
- Сорт Маркиза II срок посева Виталон, СК, 2,0 л/т;
- Сорт Купава I срок посева Контроль (без обработки);
- Сорт Купава I срок посева Виталон, СК, 2,0 л/т;
- Сорт Купава II срок посева (без обработки);
- Сорт Купава II срок посева Виталон, СК, 2,0 л/т;
- Сорт Стрела I срок посева Контроль (без обработки);

- Сорт Стрела I срок посева Виталон, СК, 2,0 л/т;
- Сорт Стрела II срок посева (без обработки);
- Сорт Стрела II срок посева Виталон, СК, 2,0 л/т.

Для учетов и наблюдений использовалась Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985), учет распространенности и развития корневых гнилей проводился по методикам: «Корневые гнили зернобобовых культур» (Котова В.В., 1986), Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (2009), статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по Б.А. Доспехову (1986).

### Результаты исследований и обсуждение

Учеты по изучению влияния предпосевной обработки семян Виталоном, КС на развитие корневых гнилей фасоли выявили следующее: на фасоли сорта Маркиза предпосевная обработка фунгицидом сократила степень развития болезни на 59,8% в фазу бутонизация и на 40,3% в фазу цветение – плодообразование на первом сроке посева и на 9,9; 32,1% – на втором (рис. 1).

Аналогичная ситуация складывалась и на сорте Стрела. Предпосевная обработка Виталоном, КС обеспечила защиту от корневых гнилей в фазу бутонизация преимущественно на первом сроке посева – на 70,7%, в фазу цветение – плодообразование эффективность применения препарата снижалась и составляла 24,4%.



*Рис. 1. Развитие корневых гнилей под влиянием протравливания семян фасоли сорта Маркиза Виталоном, КС, 2024г  
1-контроль; 2-Виталон, КС*

На фасоли сорта Купава действие Виталона, КС в отношении корневых гнилей было более значимо также на первоначальном этапе (37,9-56,5%), но при втором сроке посева эффективность проявлялась более стабильно и её показатель в целом выше. В фазу цветение – плодообразование действие препарата значительно снижалось, как и на остальных вариантах в связи со снижением его фунгицидной активности (табл. 1).

Таким образом, препарат Виталон, КС более эффективен в отношении фузариоза на первом сроке посева для сортов фасоли Маркиза и Стрела. Для Купавы он более эффективен при втором сроке посева.

Таблица 1

**Эффективность предпосевной обработки семян фасоли против фузариозных корневых гнилей в зависимости от сорта и срока посева**

| Сорт    | Варианты | Эффективность, % |      |      |      |                                |      |      |      |      |
|---------|----------|------------------|------|------|------|--------------------------------|------|------|------|------|
|         |          | Бутонизация      |      |      |      | Цветение –<br>плодообразование |      |      |      |      |
|         |          | 2022             | 2023 | 2024 | сред | 2022                           | 2023 | 2024 | сред |      |
| Маркиза | I        | Контроль         | -    | -    | -    | -                              | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 39,8 | 85,7 | 53,8 | 59,8                           | 37   | 60,2 | 23,6 | 40,3 |
|         | II       | Контроль         | -    | -    | -    | -                              | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 0,0  | 0,0  | 29,8 | 9,9                            | 0,0  | 55,1 | 41,2 | 32,1 |
| Купава  | I        | Контроль         | -    | -    | -    | -                              | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 28,8 | 0,0  | 84,9 | 37,9                           | 16,0 | 0,0  | 7,9  | 8,0  |
|         | II       | Контроль         | -    | -    | -    | -                              | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 46,2 | 82,1 | 41,1 | 56,5                           | 0,0  | 48,2 | 0,0  | 16,0 |
| Стрела  | I        | Контроль         | -    | -    | -    | -                              | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 74,0 | 77,9 | 60,2 | 70,7                           | 20,6 | 52,5 | 0,0  | 24,4 |
|         | II       | Контроль         | -    | -    | -    | -                              | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 0,0  | 0,0  | 32,5 | 10,8                           | 0,0  | 11,6 | 24,6 | 12,1 |

Учеты развития бактериоза на новых сортах фасоли под влиянием протравителя Виталон, КС показали, что существенное (эффек. 24,9-61,7%) бактерицидное действие препарата проявляется только в начальные фазы роста и развития растений (от всходов до цветения) (табл. 2). Кроме того, большое значение в развитии болезни и эффективности против нее препаратов имеет срок посева культуры.

Таблица 2

**Эффективность предпосевной обработки семян фасоли против бактериоза в зависимости от сорта и срока посева**

| Сорт    | Варианты | Эффективность, % |      |      |      |                  |      |      |      |      |
|---------|----------|------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
|         |          | Цветение         |      |      |      | Плодообразование |      |      |      |      |
|         |          | 2022             | 2023 | 2024 | сред | 2022             | 2023 | 2024 | сред |      |
| Маркиза | I        | Контроль         | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 34,8 | 10,5 | 50,0 | 31,8             | 16,5 | 6,7  | 3,1  | 8,8  |
|         | II       | Контроль         | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 0,0  | 10,0 | 11,2 | 7,1              | 13,2 | 8,6  | 33,3 | 18,4 |
| Купава  | I        | Контроль         | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 0,0  | 27   | 70,5 | 32,5             | 9,5  | 3,3  | 9,1  | 7,3  |
|         | II       | Контроль         | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 8,2  | 33,3 | 13,4 | 18,3             | 21,3 | 3,7  | 5,8  | 10,3 |
| Стрела  | I        | Контроль         | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 0,0  | 18,1 | 56,5 | 24,9             | 0,0  | 1,6  | 40   | 13,9 |
|         | II       | Контроль         | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | -    |
|         |          | Виталон, КС      | 62,5 | 22,7 | 100  | 61,7             | 29,8 | 3,7  | 50,4 | 28,0 |

На сортах фасоли Маркиза и Купава во все годы исследований развитие болезни было наименьшим при ранних (оптимальных) сроках посева, в связи с этим, наилучшая эффективность Виталона, КС против болезни отмечена при первом сроке посева: 31,8; 32,5% соответственно, на сорте Стрела – на втором – 61,7% (рис. 2).

Следует также отметить значительную устойчивость сорта Стрела к пятнистостям листьев фасоли, что имеет большое значение при выборе схемы защиты посевов.



1.



2.

*Рис. 2. Развитие бактериоза под влиянием протравливания семян фасоли сорта Маркиза Виталоном, КС, 2024г  
1-контроль; 2-Виталон, КС*

Анализ урожайности сортов фасоли обыкновенной при предпосевной обработке семян за период исследований (2021-2024 гг.) выявил следующее:

Для фасоли сорта Маркиза фактор предпосевной обработки семян в целом положительно повлиял на урожайность: обработка семян Виталоном, КС способствует прибавке урожая – 6% на первом сроке посева и 14% на втором сроке (табл. 3).

Сорт Купава отзывчив на предпосевную обработку препаратом Виталон, КС, прибавка 14% и 17% соответственно.

Для фасоли сорта Стрела фактор обработки семян Виталоном, КС способствует прибавке – 10% и 6%.

**Влияние препарата Виталон, КС на урожайность сортов фасоли разных сроков посева**

| Варианты |                |                | Урожайность,<br>т/га | Прибавка |    | Урожайность,<br>т/га | Прибавка |     | Урожайность | Прибавка |    | Средний %<br>прибавки |
|----------|----------------|----------------|----------------------|----------|----|----------------------|----------|-----|-------------|----------|----|-----------------------|
| Сорт     | Срок<br>посева | Обработка      |                      | т/га     | %  |                      | т/га     | %   |             | т/га     | %  |                       |
|          |                |                | 2022                 |          |    | 2023                 |          |     | 2024        |          |    |                       |
| Маркиза  | I              | Контроль       | 2,625                | -        | -  | 2,042                | -        | -   | 1,501       | -        | -  | -                     |
|          |                | Виталон,<br>КС | 3,045                | 0,42     | 16 | 1,737                | -0,31    | -15 | 1,741       | 0,24     | 16 | 6                     |
| НСР 05   |                |                | 0,26                 |          |    | 0,29                 |          |     | 0,19        |          |    |                       |
| Маркиза  | II             | Контроль       | 3,022                | -        | -  | 2,370                | -        | -   | 1,591       | -        | -  | -                     |
|          |                | Виталон,<br>КС | 3,849                | 0,83     | 27 | 2,387                | 0,02     | 1   | 1,818       | 0,23     | 14 | 14                    |
| НСР 05   |                |                | 0,31                 |          |    | 0,24                 |          |     | 0,20        |          |    |                       |
| Купава   | I              | Контроль       | 2,388                | -        | -  | 1,515                | -        | -   | 1,672       | -        | -  | -                     |
|          |                | Виталон,<br>КС | 2,942                | 0,55     | 23 | 1,624                | 0,11     | 7   | 1,876       | 0,20     | 12 | 14                    |
| НСР 05   |                |                | 0,31                 |          |    | 0,14                 |          |     | 0,13        |          |    |                       |
| Купава   | II             | Контроль       | 2,223                | -        | -  | 2,175                | -        | -   | 1,414       | -        | -  | -                     |
|          |                | Виталон,<br>КС | 2,886                | 0,66     | 29 | 2,493                | 0,32     | 15  | 1,492       | 0,08     | 6  | 17                    |
| НСР 05   |                |                | 0,31                 |          |    | 0,24                 |          |     | 0,10        |          |    |                       |
| Стрела   | I              | Контроль       | 2,910                | -        | -  | 1,986                | -        | -   | 1,973       | -        | -  | -                     |
|          |                | Виталон,<br>КС | 3,446                | 0,54     | 18 | 2,111                | 0,13     | 6   | 2,089       | 0,12     | 6  | 10                    |
| НСР 05   |                |                | 0,31                 |          |    | 0,11                 |          |     | 0,15        |          |    |                       |
| Стрела   | II             | Контроль       | 2,934                | -        | -  | 2,218                | -        | -   | 1,625       | -        | -  | -                     |
|          |                | Виталон,<br>КС | 2,974                | 0,04     | 1  | 2,307                | 0,10     | 4   | 1,860       | 0,24     | 14 | 6                     |
| НСР 05   |                |                | 0,35                 |          |    | 0,09                 |          |     | 0,13        |          |    |                       |

Анализ снопового материала фасоли сорта Маркиза за 2021-2024 гг показал, что предпосевная обработка фасоли препаратом Виталон, КС повышает массу 1000 семян в среднем на 5,5% (на первом сроке посева на 9%, на втором – 2%). На втором сроке увеличивается число семян с растения на 8%. Соответственно, увеличивается масса семян с растения на 6% на первом сроке и 11% – на втором (табл. 4).

При использовании препарата Виталон, КС на сорте Купава увеличивается число семян с растения на 12,5% на первом сроке и на 14% на втором, что при неизменной массе 1000 семян - на первом сроке и увеличения показателя на 2,8% на втором, дает прибавку массы семян зерна с одного растения на 13,3% и 17% в соответствующие сроки посева, что соотносится с показателями урожайности (табл. 4).

В отношении сорта Стрела предпосевная обработка Виталоном, КС, 2,0л/т способствовала увеличению числа семян с растения в среднем на 9% (на первом сроке посева – 12%, на втором - 6%), массы 1000 семян на 1% и, соответственно, массы семян с растения на 10%: на 13% на первом сроке посева; на 7% - на втором.

Таблица 4

**Влияние предпосевной обработки семян препаратом Виталон, КС на семенную продуктивность фасоли сортов Маркиза, Купава, Стрела, 2022-2024 гг.**

| Вариант |      |                   | Количество, шт/раст. |                  |              | Масса, г      |            |
|---------|------|-------------------|----------------------|------------------|--------------|---------------|------------|
| Сорт    | Срок | Наличие обработки | Бобов с 1 растения   | Семян с растения | Семян в бобе | Семян с раст. | 1000 семян |
| Маркиза | I    | Контроль          | 9,0                  | 31,1             | 3,46         | 9,64          | 309,9      |
|         |      | Виталон, КС       | 9,1                  | 30,3             | 3,34         | 10,22         | 337,3      |
|         | II   | Контроль          | 8,3                  | 29,2             | 3,51         | 9,20          | 315,5      |
|         |      | Виталон, КС       | 9,3                  | 31,6             | 3,39         | 10,17         | 322,1      |
| Купава  | I    | Контроль          | 5,4                  | 16,0             | 2,97         | 7,92          | 494,3      |
|         |      | Виталон, КС       | 7,2                  | 18,0             | 2,49         | 8,97          | 497,3      |
|         | II   | Контроль          | 5,2                  | 13,5             | 2,62         | 7,00          | 518,3      |
|         |      | Виталон, КС       | 6,0                  | 15,4             | 2,58         | 8,19          | 532,9      |
| Стрела  | I    | Контроль          | 13,1                 | 40,4             | 3,08         | 9,64          | 238,5      |
|         |      | Виталон, КС       | 16,3                 | 45,3             | 2,78         | 10,92         | 241,1      |
|         | II   | Контроль          | 12,4                 | 36,4             | 2,94         | 8,89          | 244,3      |
|         |      | Виталон, КС       | 10,8                 | 38,6             | 3,57         | 9,50          | 246,1      |

**Заключение**

Поражаемость фасоли фузариозными корневыми гнилями зависит от факторов: сорт, срок посева, наличие предпосевной обработки семян фунгицидами. Предпосевное протравливание фунгицидом (Виталон, КС) проявляет эффективность в отношении бактериальных и грибных инфекций: против бактериоза (7,1-61,7%) и корневых гнилей фасоли (9,9-70,7%). На фасоли сорта Купава болезни в большей степени распространяются на втором сроке посева, но в то же время именно на втором сроке препарат Виталон, КС проявляет наибольшую эффективность в отношении данного сорта, в то время как на сорте Стрела и Маркиза наблюдается обратная закономерность: Виталон, КС в большей степени был эффективен на фасоли первого срока посева, в связи с ранним развитием болезни, хотя на втором сроке он также защитил растения на первоначальных этапах своего развития. Выявлено, что второй срок посева для сортов Стрела и Маркиза был менее благоприятен для развития болезней. Сорт Стрела проявляет большую устойчивость к заболеваниям, тем не менее, предпосевное протравливание фунгицидами проявляет высокую эффективность в отношении бактериальных и грибных инфекций. Данный факт следует учитывать в технологиях возделывания раннеспелых сортов фасоли и при ранних сроках ее посева.

### Литература

1. Мирошникова М.П., Миющ О.А., Шепель О.Л. Фасоль Хабаровская - новый раннеспелый сорт зернового использования. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 4 (36). – С. 36-41. – DOI 10.24411/2309-348X-2020-11202.
2. Мирошникова М.П., Миющ О.А. Морфобиологические особенности нового белосемянного сорта фасоли обыкновенной Маркиза. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 1 (25). – С. 48-52. – DOI 10.24411/2309-348X-2018-10005.
3. Сорокина С.Ю. Распространение и современное состояние культивирования фасоли обыкновенной в РФ, ЦФО, Орловской области. // *Перспективы роста производства и переработки сельскохозяйственной продукции в АПК России: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Орел, 05 декабря 2023 года*. – Орел: ФГБНУ "Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур", 2023. – С. 156-161.
4. Бударина Г.А., Мирошникова М.П. Защита фасоли от семенной и почвенной инфекции в условиях севера ЦФО. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2023. – № 4 (48). – С. 65-70. – DOI 10.24412/2309-348X-2023-4-65-70.
5. Сорокина С.Ю. Влияние агротехнических приемов на фитосанитарное состояние посевов и урожайность фасоли обыкновенной. // *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XIX Международной научно-практической конференции, Брянск, 14–18 марта 2022 года*. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2022. – С. 111-117.
6. Русских И.А. Болезни фасоли в Белоруссии. // *Защита и карантин растений*. – 2008. – № 12. – С. 17-18.
7. Бударина Г.А. Обоснование защиты сои от семенной и почвенной инфекции в условиях Севера ЦФО. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2021. – № 4(40). – С. 24-31. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-4-24-31.

### References

1. Miroshnikova M.P., Miyuts O. A., Shepel' O. L. Khabarovsk bean - a new early-ripening variety of grain use. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 4(36), pp. 36-41. DOI 10.24411/2309-348X-2020-11202.
2. Miroshnikova M.P., Miyuts O.A. Morphobiological features of a new white-seeded variety of common bean. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no. 1(25), pp. 48-52. DOI 10.24411/2309-348X-2018-10005
3. Sorokina S.Yu. Distribution and current state of cultivation of common beans in the Russian Federation, Central Federal District, Oryol region// *Prospects for the growth of production and processing of agricultural products in the agro-industrial complex of Russia. Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists (Orel, December 5, 2023)*. Orel: FSBSI FSC LGC, 2023, pp.156-161.
4. Budarina G.A., Miroshnikova M.P. Protection of beans from seed and soil infection in the conditions of the north of the Central Asian region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2023, no. 4(48), pp. 65-70. DOI 10.24412/2309-348X-2023-4-65-70
5. Sorokina S.Yu. Influence of agronomic practices on phytosanitary condition of crops and yield of common bean // *Agroekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK: materialy XIX mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*, in 4 parts, Part. 4, Bryansk: Bryanskii GAU Publ., 2022, pp.111-117.
6. Russkikh I.A. Bean diseases in Belarus. *Zashchita i karantin rastenii*, 2008, no. 12, pp. 17-18.
7. Budarina G.A. Justification of soybean protection against seed and soil infection in the conditions of the North of the Central Black Earth Region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 4(40), pp. 24-31. DOI 10.24412/2309-348X-2021-4-24-31.

## РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ДИНАМИКА ИХ ИЗМЕНЕНИЙ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ РОСТА РАСТЕНИЙ

**Б.И. САНДУХАДЗЕ**, академик РАН, ORCID 0000-0001-7184-7645,

E-mail: sanduchadze@mail.ru

**Л.А. МАРЧЕНКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID 0000-0001-6029-8089

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

**О.В. ПАВЛОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-7705-0751

**Н.Ю. ГАРМАШ**, доктор биологических наук, ORCID 0000-0002-6384-0969

**Р.Ф. ЧАВДАРЬ**, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1843-8938

**Т.Г. ОРЛОВА**, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-7482-9813

**Е.В. САВИНОВ**, научный сотрудник, ORCID 0009-0003-9767-1555

**М.С. КРАХМАЛЁВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID 0000-0002-0861-1514

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

***Аннотация.** Проведена оценка морфофизиологических параметров органов растений у 6 сортов и линий озимой пшеницы на разных этапах их роста и адаптивности к осмотическому, солевому и анаэробному стрессам. Установлено, что морфофизиологические признаки развиваются неравномерно в зависимости от сортовой специфики и фазы вегетации. По мере роста растений наблюдалось постепенное увеличение надземной части растений (длины и массы стеблей) с максимальным увеличением показателей в фазе начала колошения на 128, 325 и 277%. Выявлено, что максимальное формирование длины корней заканчивается к концу фазы кущения и в дальнейшем прирост данного показателя снижается до 33% в фазе начала трубкования и 55% – колошения. Выявлены существенные сортовые различия в разные периоды вегетации по накоплению азота в вегетативной массе и белка в зерне: наиболее высокое содержание азота в фазу кущения отмечено у линий Московская 28 и Эритроспермум 606/12 (3,32 и 2,95%), в фазу трубкования – у сорта Московская 56 и линии Эритроспермум 606/12 (1,95 и 1,66%), в зерне – у сортов Московская 39 и Московская 56 (11,47 и 11,0%).*

*Получены результаты воздействия обезвоживания, засоления и затопления семян на ростовые процессы и определен диапазон адаптивности сортов к их токсическому воздействию. Изучена возможность использования морфофизиологических параметров для оценки стрессоустойчивости и выявлено, что в качестве критерия адаптивности к солевому стрессу может быть использована длина и масса корней.*

*Установлен уровень корреляции ростовых признаков с конечными результатами, показано, что урожай тесно взаимосвязан с показателями стеблей – длиной ( $r = 0,67-0,72$ ), массой ( $r = 0,47-0,92$ ) и числом ( $r = 0,72-0,55$ ), а масса 1000 семян – с массой стеблей и корней ( $r = 0,49-0,56$ ). Выявлены линии с дифференцированным преимуществом по большинству изучаемых показателей - Московская 28, Московская 31 и Васильевна, а две последних и по адаптивности к стресс-факторам.*

**Ключевые слова:** озимая пшеница, морфофизиологические параметры, стрессоустойчивость, обезвоживание, засоление, затопление, урожайность, масса 1000 семян, азот, белок.

**Для цитирования:** Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Мамедов Р.З., Павлова О.В., Гармаш Н.Ю., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Савинов Е.В., Крахмалёва М.С. Ростовые процессы, динамика их изменений и адаптивность сортов и линий озимой пшеницы на различных

## GROWTH PROCESSES, DYNAMICS OF THEIR CHANGES AND ADAPTABILITY OF WINTER WHEAT VARIETIES AND LINES AT VARIOUS STAGES OF PLANT GROWTH

**B.I. Sandukhadze, L.A. Marchenkova, R.Z. Mamedov, O.V. Pavlova, N.Y. Garmash, R.S. Chavdar, T.G. Orlova, E.V. Savinov, M.S. Krakhmalyova**

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

**Abstract:** *The morphophysiological parameters of plant organs in 6 varieties and lines of winter wheat at different stages of their growth and adaptability to osmotic, salt and anaerobic stresses were evaluated. It has been established that morphophysiological signs develop unevenly depending on the variety specificity and the phase of vegetation. As the plants grew, there was a gradual increase in the aboveground part of the plants (length and weight of stems) with a maximum increase in the indicators in the phase of the beginning of earing by 128, 325 and 277%. It was revealed that the maximum formation of root length ends by the end of the tillering phase and further the increase in this indicator decreases to 33% in the phase of the beginning of tubulation and 55% - earing. Significant varietal differences were revealed in different periods of vegetation in the accumulation of nitrogen in the vegetative mass and protein in the grain: the highest nitrogen content in the tillering phase was noted in the Moskovskaya 28 and Erythrospermum 606/12 lines (3.32 and 2.95%), in the tubulation phase – in the Moskovskaya 56 variety and the Erythrospermum 606/12 line (1.95 and 1.66%), in grain, the varieties Moskovskaya 39 and Moskovskaya 56 (11.47 and 11.0%). The results of the effects of dehydration, salinization and flooding of seeds on growth processes were obtained and the range of adaptability of varieties to their toxic effects was determined. The possibility of using morphophysiological parameters to assess stress resistance has been studied and it has been revealed that the length and mass of roots can be used as a criterion of adaptability to salt stress.*

*The level of correlation of growth characteristics with the final results was established, it was shown that the yield is closely interrelated with the indicators of stems – length ( $r = 0.67-0.72$ ), weight ( $r = 0.47-0.92$ ) and number ( $r = 0.72-0.55$ ), and the mass of 1000 seeds – with the mass of stems and roots ( $r = 0.49-0.56$ ). The lines with a differentiated advantage in most of the studied indicators were identified - Moskovskaya 28, Moskovskaya 31 and Vasilyevna, and the last two in terms of adaptability to stress factors.*

**Keywords:** winter wheat, morphophysiological parameters, stress resistance, dehydration, salinization, flooding, yield, weight of 1000 seeds, nitrogen, protein.

Озимая пшеница принадлежит к числу самых распространенных, наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур в РФ, широко используемых для продовольственных целей. Повышение потенциала урожайности этой культуры приобретает в последнее время исключительно важное значение. Развитие селекционных программ требует активного поиска интегральных параметров, обеспечивающих количественные и качественные характеристики растений, отражающих взаимосвязь формообразовательных процессов с урожайностью [1, 2].

Как показывают исследования ряда авторов на конечные результаты существенно влияют негативные последствия неблагоприятных факторов среды, усиливающиеся на фоне наблюдаемых в разные периоды жизни растений климатических изменений, приводящих не только к снижению ростовых функций и биологической полноценности семян, но и адаптационной способности растений [3, 4].

В литературе имеются сведения о сопряженности морфофизиологических параметров с урожайностью, продуктивностью и стрессоустойчивостью [5, 6, 7]. В связи с чем появилась необходимость в расширении сведений о селекционной ценности ростовых процессов растений в разные периоды вегетации и создании сортов с максимальным комплексом

положительных характеристик и адаптированных к экстремальным условиям среды, способных эффективно использовать биоклиматические ресурсы регионов.

К числу наиболее значимых стрессовых ситуаций относятся засуха, засоление и переувлажнение почв, которые приводят к негативному воздействию на ростовые процессы, в частности к задержке прорастаемости, аномалиям роста и снижению продуктивности. Высокая чувствительность растений на ранних этапах онтогенеза к абиотическим факторам свидетельствует о целесообразности оценки стрессоустойчивости в начальных этапах их роста [8].

Результативность селекции во многом определяется возможностью использовать экспресс-диагностику, позволяющую моделировать стрессовую ситуацию в раннем онтогенезе и в короткие сроки выявлять стрессоустойчивые генотипы [9, 10].

### **Материал и методы исследования**

Материалом исследования служили сорта Московская 39, Московская 56 и линии Московская 28, Московская 31, Васильевна, Эритроспермум 606/12 лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФИЦ «Немчиновка». Исследования проведены на разных стадиях вегетации – 7-дневных проростках и растениях более поздних сроков – осеннего кущения (17.10.2022 и 09.11.2022), начала трубкования – 03.05.2023 и начала колошения 30.05.2023 г.

Урожайность сортов и линий определяли в полевых опытах на деляночных посевах площадью 10 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная. Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на гектар. Анализ структуры урожая осуществляли по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Измерения органов растений проводили в лабораторных условиях - длины стеблей и корней путем измерения линейкой с точностью до 1 мм, числа стеблей – путем их подсчета, вегетативную массу надземных и подземных органов – взвешиванием 100 ростков и 100 корешков.

Диагностика стрессоустойчивости выполнялась на фонах искусственно моделируемых стрессов: обезвоживания (Н.Н. Кожушко, 1988), засоления хлоридом натрия (Л.А. Семушкина, Г.В. Хазова, Г.В. Удовенко, 1976), длительного затопления в воде (Е.К. Белецкая, Е.Д. Остапчук, 1988), на 7-дневных проростках с использованием метода рулонной культуры в двукратной повторности. Стрессоустойчивость определяли по соотношению процента показателей опытных вариантов к контрольным, устойчивость к осмотическому и анаэробному стрессам – по депрессии прорастаемости семян, к солевому – по изменению длины ростков.

Для комплексной оценки устойчивости к абиотическим стрессам применяли группировку сортов по индексу устойчивости «И», который представляет собой сумму показателей устойчивости к засухе, хлоридному засолению и переувлажнению (И1+И2+И3).

Сорта с наибольшим рейтингом положительных признаков вычисляли путем баллового ранжирования по сумме числовых показателей урожайности, продуктивности и ростовых параметров, преобразованных в ранговый формат [4]. Коэффициент адаптивности (К.А.) рассчитывали в процентном выражении по отношению урожайности сортообразцов к их среднему значению [11].

Азот в вегетативной массе определяли в фазы весеннего кущения и трубкования по ГОСТ 13496.4-2019, в зерне – в фазу полной спелости по ГОСТ 26951-86, азот в почве – по ГОСТ 13496.4-2019, содержание фосфора и калия в почве определяли по ГОСТ 54650-2011 и кислотности по ГОСТ 26423-85.

Агрохимическая характеристика почвы опыта: дерново-подзолистая среднесуглинистая, кислотность рН<sub>(сол)</sub> - 5,1-5,3; содержание нитратного азота в слое 0-20 см. N-NO<sub>3</sub> – 41,6 мг/кг; содержание фосфора P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 141 мг/кг; содержание калия K<sub>2</sub>O – 150 мг/кг. Почва слабокислая с высоким содержанием нитратного азота, повышенным содержанием фосфора и калия.

### **Результаты и обсуждение**

Сравнительный анализ изучаемых сортообразцов показал высокий уровень их урожайного и продуктивного потенциалов (табл. 1). Урожайность сортообразцов

сформировалась в среднем соответственно на 6,4 т/га, масса 1000 семян – 50,3 г, масса зерна с колоса – 1,8 г, число зерен – 40,7 шт., число продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> – 379,8 шт.

Таблица 1

**Характеристика урожайности и элементов продуктивности сортов и линий озимой пшеницы, 2023-2024 гг.**

| Сорта и линии        | Урожайность, т/га | К.А., % | Масса 1000 семян, г | Масса зерна с колоса, г | Число зерен с колоса, шт. | Число прод. стеблей, шт./1 м <sup>2</sup> |
|----------------------|-------------------|---------|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|
| Московская 39        | 5,5               | 90      | 52,0                | 1,7                     | 41                        | 368                                       |
| Московская 56        | 6,3               | 98      | 54,0                | 1,8                     | 40                        | 384                                       |
| Московская 28        | 7,1               | 112     | 51,7                | 1,9                     | 42                        | 413                                       |
| Московская 31        | 6,8               | 106     | 45,9                | 1,9                     | 38                        | 390                                       |
| Васильевна           | 7,3               | 109     | 58,9                | 1,9                     | 39                        | 398                                       |
| Эритроспермум 606/12 | 5,4               | 84      | 39,4                | 1,8                     | 44                        | 326                                       |
| Среднее              | 6,4               | 100,0   | 50,3                | 1,8                     | 40,7                      | 379,8                                     |
| НСР <sub>05</sub>    | 0,53              |         |                     |                         |                           |                                           |

Лучшими характеристиками по большинству показателей отличались линии Васильевна и Московская 28 с урожайностью в пределах 7,6-7,9 т/га и массой 1000 семян – 51,7-58,9 г.

О ценности указанных линий свидетельствует и высокий уровень их экологической адаптивности (К.А), варьирующий на уровне 109-112%, что свидетельствует о возможности формирования у них мощных, продуктивных растений в неблагоприятных условиях вегетации.

Известно, что уровень урожайности и качество зерна определяет содержание азота, одного из самых необходимых элементов для роста и развития растений озимой пшеницы. Накопление этого элемента в процессе вегетации имеет большое значение для получения зерна с высоким содержанием белка. Известно, что 60% азота накапливается в зерне за счет его поступления из вегетативной массы, а 40% - из почвы.

В процессе исследований на различных этапах развития растений выявлены существенные сортовые различия по его накоплению в вегетативной массе растений. В фазу кущения наибольшее количество азота выявлено у линий Московская 28 Эритроспермум 606/12, наименьшее – у линий Московская 31 и Васильевна, в фазу трубкования – соответственно у сорта Московская 56 и линии Эритроспермум 606/12 и у Московской 39 и Васильевны (рис. 1).

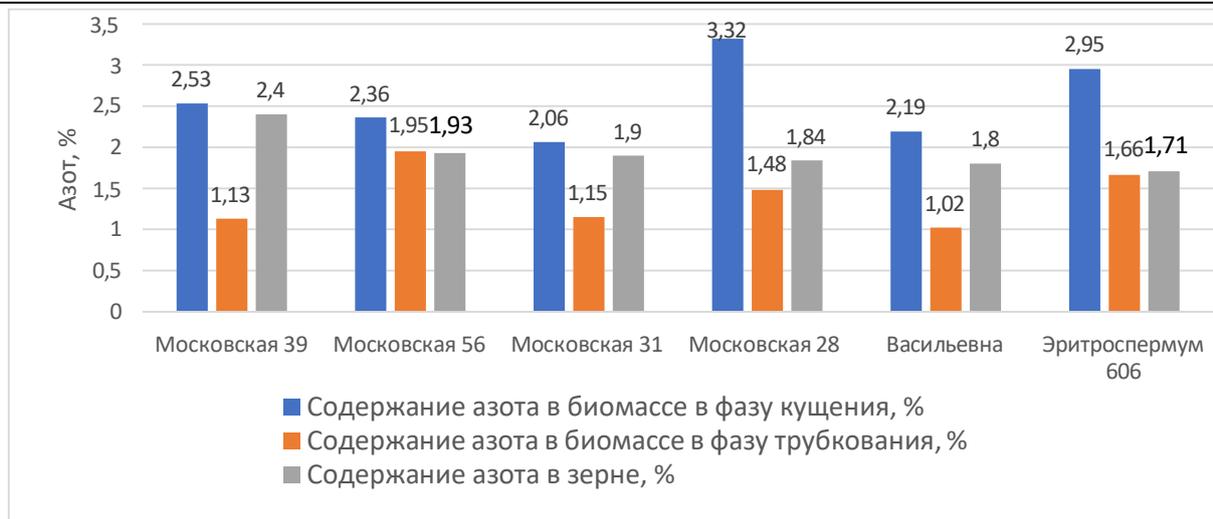


Рис. 1. Содержание азота в сортах и линиях озимой пшеницы в разные фазы развития, 2023 г.

В погодно-климатических условиях 2023 г. максимальное содержание азота в зерне в фазу полной спелости отмечено у сорта Московская 39 (2,53%), минимальное – у линии и Эритроспермум 606/12 (1,66%), у остальных образцов – оно находилось примерно на одном уровне 1,71-1,93%.

По содержанию белка в зерне сорта и линии распределились следующим образом: наибольшее его количество выявлено у сортов Московская 39 и Московская 56 (11,47 и 11,0%), наименьшее – у линии Эритроспермум 606/12 (9,75%), у остальных линий оно находилось в пределах – 10,25-10,83% (рис. 2).

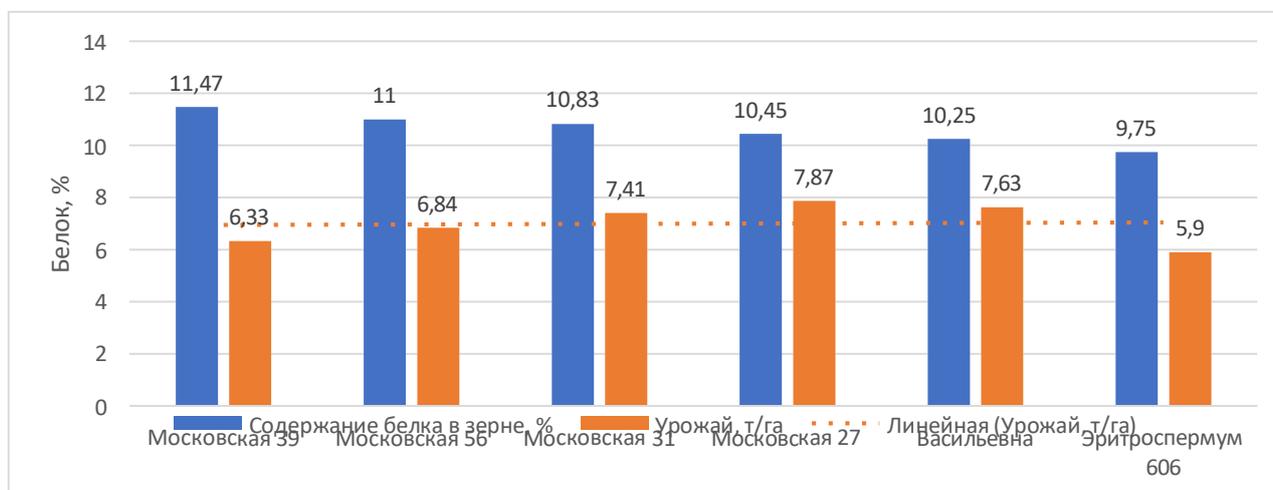


Рис. 2. Содержание белка в зерне и урожайность сортов и линий озимой пшеницы, 2023 г.

В то же время по урожайности выделились линии Московская 28, Васильевна и Московская 31 (7,87, 7,63 и 7,41 т/га), линия Эритроспермум 606/12 и сорт Московская 39 показали меньшую урожайность – 5,90 и 6,33 т/га.

Многочисленными исследованиями отмечена прямая корреляционная зависимость между содержанием азота в почве, содержанием азота в вегетативной массе растений пшеницы, урожайностью и количеством белка в зерне [12]. В то же время, следует отметить, что интенсивность накопления азота в биомассе растений пшеницы изучаемых сортов в разные фазы развития в наших исследованиях значительно различалась в условиях 2023 г., что, на наш взгляд, определяется генетическими особенностями сортов и погодными условиями.

Полученные результаты позволяют предположить, что существует взаимосвязь между содержанием азота в растениях пшеницы в разные фазы развития и устойчивостью ее к различным неблагоприятным факторам, и при более длительном периоде исследований и накоплении большего массива экспериментальных данных, можно будет получить определенные статистические зависимости для прогнозирования урожая и его качества.

На фоне высоких хозяйственных показателей изучаемых сортов и линий большой интерес представляет изучение их ростовых характеристик на разных этапах роста и развития.

Исследования, проведенные нами ранее на начальных этапах онтогенеза (стадия 7-дневных проростков), выявили значительные различия по морфофизиологическим признакам, характерной особенностью которых было преобладание роста первичной корневой системы над надземной частью растений (в два раза). Сорт Московская 39 и линия Московская 28 отличались усиленной активизацией длины ростков, Васильевна и Московская 31 – длины корешков, Васильевна и Эритроспермум 606/12 – массы ростков и корешков, причем линия Васильевна выделялась высокой активизацией всех ростовых параметров.

По результатам комплексной оценки линии Эритроспермум 606/12 и Васильевна были признаны образцами с самым высоким уровнем биологической полноценности семян.

Наблюдения за ростом и развитием растений указанных сортов и линий продолжались в следующие этапы онтогенеза: в двух фазах осеннего кушения (17.10 и 09.11.2022), начала выхода в трубку (03.05. 2023) и начала колошения (30.05.2023).

Осенью на всех образцах наблюдался усиленный рост стеблей, средняя длина которых в первый срок осеннего кушения (17.10.2022) превышала длину корней в 2,5 раза, 09.11.2022 г. – в 1,6 раз (табл. 2).

На втором осеннем учете (09.11.2022), по сравнению с первым (17.10.2022), среднее увеличение длины и числа стеблей составило 5 и 3%, длины корней – 57%, массы стеблей и корней – 73 и 86% (табл. 2), соответственно, т.е. отмечен существенный прирост длины корней и особенно вегетативной массы стеблей и корней.

Таблица 2

**Интенсивность линейного роста стеблей и корней у сортов и линий озимой пшеницы на стадиях осенней вегетации**

| Сорта и линии        | 17.10.2022 |        |          |        |                     | 09.11.2022 |        |          |        |                     |
|----------------------|------------|--------|----------|--------|---------------------|------------|--------|----------|--------|---------------------|
|                      | Длина, мм  |        | Масса, г |        | Число, стеблей, шт. | Длина, мм  |        | Масса, г |        | Число, стеблей, шт. |
|                      | Стеблей    | Корней | Стеблей  | Корней |                     | Стеблей    | Корней | Стеблей  | Корней |                     |
| Московская 39        | 182        | 78     | 114      | 7,4    | 6,8                 | 198        | 134    | 165      | 12     | 7,0                 |
| Московская 56        | 205        | 72     | 89       | 6,2    | 7,3                 | 212        | 138    | 187      | 19     | 8,3                 |
| Московская 28        | 213        | 83     | 109      | 7,2    | 5,3                 | 231        | 112    | 175      | 12     | 7,0                 |
| Московская 31        | 219        | 88     | 92       | 6,3    | 5,9                 | 221        | 113    | 164      | 10     | 6,7                 |
| Васильевна           | 192        | 86     | 78       | 8,0    | 6,5                 | 194        | 136    | 129      | 14     | 7,5                 |
| Эритроспермум 606/12 | 194        | 65     | 83       | 8,9    | 5,3                 | 214        | 114    | 160      | 10     | 7,5                 |
| Среднее              | 200,8      | 78,7   | 94,2     | 7,3    | 6,8                 | 211,7      | 124,5  | 163,4    | 12,8   | 7,0                 |

На фоне весенней вегетации в фазу начала трубкования (03.05.2023) наблюдалось увеличение длины, массы стеблей и особенно массы корней – в среднем на 48, 128 и 277% соответственно (табл. 3). Что касается длины корней, то к началу данной фазы они хорошо сформировались и на момент учета отмечено замедление их роста – увеличение составило

24%, против 57% в фазе осеннего кущения. Снижение числа стеблей на 54% объясняется слабой перезимовкой.

Наибольшая длина стеблей и корней при учете 03.05.2023 была сформирована линиями Васильевна и Московская 28 (345 и 329 мм и 161 и 172 мм соответственно), при средних данных 314 мм и 154 г. Самый высокий прирост длины стеблей, по сравнению с последним осенним учетом (09.11.2022), отмечен у линии Васильевна и сорта Московская 39 (215 и 145%), корней – Московская 28 и Васильевна (500 и 286%).

В фазе колошения (30.05.2023), по сравнению с фазой трубкования, наблюдалось еще более высокое увеличение длины и особенно массы стеблей – в среднем на 128 и 303% (табл. 3).

Прирост массы корней в фазу колошения, как и в фазу трубкования, составил 277%, рост корней замедлился с 24 до 2%.

Преимущества по ростовым параметрам стеблей и корней имели сорт Московская 56 (790 и 182 мм) и линия Московская 28 (735 и 174 мм), при средних показателях – 716 и 157 мм. Линии Московская 28 и Московская 31 показали лучшие результаты по числу стеблей (4,5 шт.), а линия Васильевна и сорт Московская 56 отличались высокими характеристиками одновременно массы стеблей – 407 и 54 г и массы корней – 377 и 73 г. Самый высокий прирост биомассы стеблей отмечен у линий Московская 28 и Московская 31 (432 и 398%), корней – Эритроспермум 606/12 и Московская 31 (592 и 73%).

Таблица 3

**Динамика ростовых показателей у сортов и линий озимой пшеницы на стадиях весенней вегетации**

| Сорта и линии        | 03.05.2023 |        |          |        |                    | 30.05.2023 |        |          |        |                    |
|----------------------|------------|--------|----------|--------|--------------------|------------|--------|----------|--------|--------------------|
|                      | Длина, мм  |        | Масса, г |        | Число стеблей, шт. | Длина, мм  |        | Масса, г |        | Число стеблей, шт. |
|                      | Стеблей    | Корней | Стеблей  | Корней |                    | Стеблей    | Корней | Стеблей  | Корней |                    |
| Московская 39        | 310        | 145    | 403      | 41     | 3,6                | 802        | 150    | 1256     | 143    | 4,0                |
| Московская 56        | 323        | 161    | 377      | 73     | 3,8                | 790        | 182    | 1846     | 183    | 4,1                |
| Московская 28        | 329        | 172    | 335      | 72     | 4,3                | 735        | 174    | 1782     | 162    | 4,5                |
| Московская 31        | 320        | 158    | 365      | 26     | 4,3                | 690        | 141    | 1515     | 216    | 4,5                |
| Васильевна           | 345        | 162    | 407      | 54     | 3,2                | 658        | 149    | 1583     | 209    | 3,9                |
| Эритроспермум 606/12 | 259        | 124    | 347      | 27     | 3,3                | 621        | 145    | 1570     | 187    | 3,7                |
| Среднее              | 314,3      | 153,7  | 372,3    | 48,8   | 3,8                | 716,0      | 156,8  | 1500,0   | 184,4  | 4,1                |

Полученные в разные периоды вегетации растений данные свидетельствуют о том, что наибольшей интенсификацией ростовых процессов в осенний период (начало и конец кущения) характеризовались линии Московская 28, Московская 31 и сорт Московская 56, в весенний (начало трубкования и начало колошения) – линии Московская 28, Московская 31 и Васильевна. Эти же сорта отличались наибольшей суммой рангов по изучаемым показателям и высокими местами (1-3) в рейтинговой шкале.

На фонах воздействия осмотического, солевого и анаэробного стрессов, создаваемых в лабораторных условиях, выявлено достаточно сильное угнетение ростовых процессов у

растений озимой пшеницы. Определены сортовые различия стресс-реакций и диапазон адаптивности к их токсическому воздействию. Изучаемые образцы контрастно реагировали на используемые токсиканты. Наиболее сильная депрессия ростовых параметров отмечена на вариантах обезвоживания и особенно засоления семян (табл. 4).

Различия по средним показателям устойчивости соответствовали на варианте обезвоживания – 45,8%, засоления – 40,3%, затопления – 73,1%, при этом половина из изученных форм (50%) характеризовалась повышенной устойчивостью (выше среднего) к солевому (40-58%), 83% – к осмотическому (45-53%) и 83% – к анаэробному (73-82%) стрессам.

Таблица 4

**Адаптивность сортообразцов озимой пшеницы к стресс-факторам на фонах искусственно создаваемых стрессов**

| Сорта и линии           | Устойчивость к стресс-факторам, % |                             |                              | Индекс устойчивости |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------|
|                         | Обезвоживанию<br>И <sup>1</sup>   | Засолению<br>И <sup>2</sup> | Затоплению<br>И <sup>3</sup> |                     |
| Московская 39           | 44,7                              | 47,1                        | 79,3                         | 1,71                |
| Московская 56           | 45,9                              | 57,9                        | 77,6                         | 1,81                |
| Московская 28           | 37,9                              | 38,0                        | 51,6                         | 1,27                |
| Московская 31           | 52,8                              | 40,5                        | 73,1                         | 1,66                |
| Васильевна              | 46,9                              | 30,4                        | 81,6                         | 1,59                |
| Эритроспермум<br>606/12 | 46,7                              | 28,1                        | 75,3                         | 1,50                |
| Среднее                 | 45,8                              | 40,3                        | 73,1                         | 1,59                |
| Сv, %                   | 10,4                              | 27,9                        | 15,0                         | 18,9                |

Сорта Московская 39, Московская 56 и линия Московская 31 отличались самым высоким индексом устойчивости (1,66-1,81), свидетельствующим о высокой адаптивности данных образцов. Высокую способность противостоять двум стресс-факторам – обезвоживанию и затоплению проявили линии Васильевна и Эритроспермум 606/12, линия Московская 28 показала самый низкий уровень стресс-толерантности ко всем стрессам.

Амплитуда коэффициентов вариации стрессоустойчивости находилась на уровне – 10,4-27,4%, с минимальными значениями по устойчивости к обезвоживанию, максимальными – к засолению.

Полученные в лабораторных условиях результаты согласуются с данными полевой устойчивости, что подтверждает высокую адаптивность вышеуказанных сортов.

Использование их в селекционном процессе позволит создать перспективные линии и новые сорта со значимой способностью противостоять биотическим факторам среды как на стадии проростков, так и в полевых экстремальных условиях.

Расчет коэффициентов корреляции между морфофизиологическими параметрами, урожаем и массой 1000 семян на изучаемых этапах вегетации показал, что наиболее высокий уровень их сопряженности выявлен в фазы осеннего кущения. При учете (17.10. 2022. и 09.10.2022) наблюдалась достаточно сильная зависимость урожая от длины ( $r = 0,67$  и  $0,72$ ) и массы стеблей ( $r = 0,47$  и  $0,92$ ) соответственно, а массы 1000 семян – от массы стеблей – ( $r = 0,49$  и  $0,56$ ) и 17.10. 2022 – от массы корней ( $r = 0,49$ ).

В фазы весенней вегетации отмечена высокая сопряженность между урожаем и числом стеблей на  $1 \text{ м}^2$  ( $r = 0,72$  и  $0,55$ ) и средняя – между массой 1000 семян и массой стеблей ( $r = 0,49$  и  $0,39$ ).

Анализ показал, что урожай и масса 1000 семян у сортов и линий озимой пшеницы в разной степени сопряженности на различных этапах вегетации формировались за счет показателей стеблей – (длины, массы, числа) и массы корней.

По результатам комплексной оценки степени развития органов растений на разных этапах онтогенеза сделано заключение о биологической полноценности семян линий Московская 28, Московская 31 и Васильевна, которые на разных этапах роста имели дифференцированное преимущество по ряду морфофизиологических показателей. Эти же линии характеризуются высокой урожайностью и другими хозяйственно ценными признаками.

### Заключение

В результате проведенных исследований получена информация об особенностях роста и развития органов растений, динамики их изменений на различных этапах роста растений и о способности изучаемых сортов и линий противостоять осмотическому, солевому и анаэробному стрессам, обусловленной их генетическим потенциалом. Определены сорта и линии с самой высокой интенсивностью ростовых процессов и повышенным адаптивным потенциалом к токсическому воздействию стресс-факторов. Выявлено, что морфофизиологические параметры (длина и масса корней) могут быть использованы для оценки солеустойчивости, определяющими критериями которой является величина сопряженности между ними ( $r=0,33-0,62$  и  $r=0,34-0,79$  соответственно).

Оценка данных корреляционного анализа свидетельствует о том, что урожай и масса 1000 семян у сортов и линий озимой пшеницы на различных этапах вегетации формировались в основном за счет показателей стеблей – (длины, массы, числа) и массы корней, т.е. одним из условий высокой урожайности и продуктивности растений является хорошо сформированная надземная часть растений и биомасса корней.

Полученные данные могут быть использованы для создания генотипов с ценными морфофизиологическими признаками и высоким адаптивным потенциалом и определения приоритетных направлений их селекционного улучшения.

### Литература

1. Бутковская Л.К., Кузьмин Д.Н., Агеева Г.М. Оценка урожайных свойств партий семян сортов яровой пшеницы по параметрам органов проростков в условиях Красноярской лесостепи. // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 7. – С. 37-40.
2. Вилунов С.Д., Сидоренко В.С., Шапорова М.А., Митюхина Е.В., Глазкова Л.И. Оценка перезимовки озимой пшеницы различными вегетационными индексами. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – 3 (51). – С. 100-105. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-100-105
3. Khalid M., Gul A., Amir R., Ali M., Afzal F., Quraishi U., Ahmed Z., Rasheed A. QTL mapping for seedling morphology under drought stress in wheat cross synthetic (W7984)/Opata // Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. 2018. - P. 1-8.)
4. Ерошенко Л.М., Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Ромахина В.В. Особенности морфофизиологических признаков семян и органов проростков сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка». // Аграрная Россия. – 2023. – № 10. – 48 с.
5. Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Деева В.М., Данилов С.Ю., Смит И.Н. К характеристике сортов озимой пшеницы Орловского биотипа. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – 3(47). – С.48-53. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-48-53
6. Мартынова С.В., Пакуль В.Н., Андросов Д.Е. Взаимосвязь морфометрических параметров ярового ячменя с урожайностью. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49. – № 5. – С. 11-20.
7. Белозерова А.А., Боме Н.А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков, // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-2. – С. 300-306.
8. Круглова Н.Н., Зинатуллина А.Е. Культура in vitro автономных зародышей как модельная система для исследования стресс-устойчивости растений к абиотическим факторам (на примере злаков). // Успехи современной биологии. – 2021. – Т. 141. – № 5. – С. 483-495.
9. Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Мамедов Р.З., Павлова О.В., Бугрова В.В., Крахмалёва М.С., Чавдарь, Орлова Т.Г., Молодовский Я.С. Характеристика сортов и линий озимой пшеницы по морфофизиологическим параметрам. //Аграрная Россия. – 2023. – № 4. – С. 15-20. – DOI 10.30906/1999-5636-2023-4-15-20.

10. Ерошенко Л.М., Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Дедушев И.А. Сортовые особенности растений ярового ячменя по устойчивости к абиотическим стрессовым факторам на фоне различного уровня азотного питания. // *Аграрная Россия*. – 2022. – № 1. – С. 8-12.
11. Животков Л.А., Морозова Я.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». // *Селекция и семеноводство*. – 1994. – № 2. – С.3-6.
12. Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Мамедов Р.З., Павлова О.В., Крахмалева М.С., Чавдарь Р.Ф., Сандухадзе Э.К., Орлова Т.Г., Бугрова В.В., Савинов Е.В. Особенности ростовых процессов сортов и линий озимой пшеницы на ранних этапах онтогенеза в условиях солевого стресса. // *Аграрная Россия*. – 2023. – № 12. – С. 3-7.

#### References

1. Butkovskaya L. K., Kuzmin D. N., Ageeva G. M. Evaluation of the yield properties of batches of seeds of spring wheat varieties according to the parameters of the organs of seedlings in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019, Vol. 33, No. 7, pp. 37-40.
2. Vilyunov S.D., Sidorenko V.S., Shaporova M.A., Mityukhina E.V., Glazkova L.I. Assessment of winter wheat overwintering by various vegetation indices. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024; 3 (51):100-105. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-100-105
3. Khalid M., Gul A., Amir R., Ali M., Afzal F., Quraishi U., Ahmed Z., Rasheed A. QTL mapping for seedling morphology under drought stress in wheat cross synthetic (W7984)/Opata // *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 2018. - P. 1-8.)
4. Eroshenko L. M., Marchenkova L. A., Pavlova O. V., Chavdar R. F., Orlova T. G., Romakhina V. V. Features of morphophysiological signs of seeds and organs of seedlings of varieties of spring barley of selection FITZ "Nemchinovka". *Agrarian Russia*, 2023, No.10, 48 p.
5. Karakotov S.D., Pryanishnikov A.I., Khverenets S.E., Titov V.N., Deeva V.M., Danilov S.Yu., Smith I.N. On the characteristics of winter wheat varieties of the Oryol biotype. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023; 3(47):48-53. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-48-53
6. Martynova S.V., Pakul V.N., Androssov D.E. The relationship of morphometric parameters of spring barley with yield. *Siberian Bulletin of agricultural science*. 2019, Vol. 49, No. 5, pp. 11- 20.
7. Belozerova A.A., Bohme N.A. Studying the reaction of spring wheat to salinization by variability of morphometric parameters of seedlings. *Fundamental research*. 2014, No. 12-2, pp. 300-306.
8. Kruglova N.N., Zinatullina A.E. In vitro culture of autonomous embryos as a model system for studying plant stress resistance to abiotic factors (on the example of cereals). *Uspekhi sovremennoi biologii* . 2021, Vol. 141, No. 5, pp. 483-495.
9. Sandukhadze B.I., Marchenkova L.A., Mammedov R.Z., Pavlova O.V., Bugrova V.V., Krakhmaleva M.S., Chavdar, Orlova T.G., Molodovsky Ya.S. Characteristics of varieties and lines of winter wheat according to morphophysiological parameters. *Agrarian Russia*, 2023, No.4, pp. 15-20. – DOI 10.30906/1999-5636-2023-4-15-20.
10. Eroshenko L.M., Marchenkova L.A., Pavlova O.V., Chavdar R.F., Orlova T.G., Dedushev I.A. Varietal characteristics of spring barley plants for resistance to abiotic stress factors against the background of different levels of nitrogen nutrition. *Agrarian Russia*. 2022, No. 1, pp. 8-12.
11. Zhivotkov L.A., Morozova Ya.A., Sekatueva L.I. Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat according to the indicator "yield". *Selektsiya i semenovodstvo*. 1994, no.2, pp.3-6.
12. Sandukhadze B.I., Marchenkova L.A., Mammadov R.Z., Pavlova O.V., Krakhmaleva M.S., Chavdar R.F., Sandukhadze E.K., Orlova T.G., Bugrova V.V., Savinov E.V. Features of growth processes of varieties and lines of winter wheat at the early stages of ontogenesis under salt stress. *Agrarian Russia*. 2023, No. 12, pp. 3-7.

## УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ, СОЗДАНЫХ В СЕЛЕКЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ РОССИИ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОГО НИИСХ

**П.Н. МАЛЬЧИКОВ<sup>1,2</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: sagrs-mal@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2141-6836

**М.Г. МЯСНИКОВА<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: marina.myasnikova.61@mail.ru, ORCID ID:0000-0002-7224-0308

<sup>1</sup>САМАРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РАН, САМАРСКИЙ НАУЧНО\_ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ИМ. Н.М.ТУЛАЙКОВА

<sup>2</sup>ФИЦ ИНСТИТУТ ЦИТОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

**Аннотация.** Исследование выполнено на основе методологии GGE биplot анализа. Визуальный анализ графиков позволил идентифицировать, следующие группы генотипов: 1) отзывчивые на благоприятные условия среды - 3761h-46, 804d-94 Национального центра зерна им.П.П.Лукьяненко (НЦ зерна им. П.П.Лукьяненко), Гордеиформе 1099, Гордеиформе 1091 (ФГБНУ ФАНЦА), Леукурум 3417 Краснокутской селекционной станции (Краснокутская СС), 2) генотипы с высокой урожайностью (значительно превышающих среднюю по опыту) и её стабильностью - Леукурум 3437, Леукурум 3462 (Краснокутская СС) и 847d14 (НЦ зерна им. П.П.Лукьяненко), 3) генотипы соответствующие по урожайности и стабильности идеальному генотипу – Безенчукская 210 (стандарт, Самарский НИИСХ), Гордеиформе 1082 (ФГБНУ ФАНЦА) и генотипы по своим свойствам близкие к идеальному - 837d-25 (НЦ зерна им.П.П.Лукьяненко), Леукурум3438 (Краснокутская СС), №28 (ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока), Гордеиформе 888, Гордеиформе 960 (ФГБНУ ФАНЦА), 4) максимальная дифференцирующая способность среды установлена для условий 2024 года с самой низкой урожайностью и максимальной нагрузкой лимитирующих факторов и высокой эффективностью отбора устойчивых генотипов. Идентифицированные генотипы (приведены выше) целесообразно использовать в селекции твердой пшеницы в Самарском НИИСХ в качестве базовых для расширения генетического разнообразия создаваемых сортов.

**Ключевые слова:** пшеница твердая, сорт, урожайность, стабильность, GGE биplot анализ.

**Для цитирования:** Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Урожайность зерна селекционных линий яровой твердой пшеницы, созданных в селекционных центрах России в условиях Самарского НИИСХ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):128-138. DOI: 10.24412/2309- 348X-2024-4-128-138

## GRAIN YIELD OF AGRICULTURAL BREEDING OF SPRING DURUM WHEAT LINES CREATED IN THE BREEDING CENTERS OF RUSSIA, IN THE CONDITIONS OF THE SAMARA RESEARCH INSTITUTE

**P.N. Malchikov<sup>1,2</sup>, M.G. Myasnikova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>FSBSI N.M. TULAYKOV SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE– BRANCH SamFRC RAS

<sup>2</sup>FEDERAL RESEARCH CENTER «INSTITUTE OF CYTOLOGY AND GENETICS OF THE SIBERIAN BRANCH OF THE RAS», Novosibirsk, Russia

**Abstract:** *The study was carried out based on the GGE biplot analysis methodology. Visual analysis of the graphs allowed us to identify the following groups of genotypes: 1) responsive to favorable environmental conditions - 3761h-46, 804d-94 of the P.P. Lukyanenko National Grain Center (P.P. Lukyanenko Grain Center), Hordeiforme 1099, Hordeiforme 1091 (FGBNU FANTSA), Leucurum 3417 of the Krasnokutsk Breeding Station (Krasnokutskaya SS), 2) genotypes with high yield (significantly exceeding the average for the experiment) and its stability - Leucurum 3437, Leucurum 3462 (Krasnokutskaya SS) and 847d14 (P.P. Lukyanenko Grain Center), 3) genotypes corresponding to the ideal in yield and stability - Bezenchukskaya 210 (standard, Samara Research Institute of Agriculture), Hordeiform 1082 (Federal State Budgetary Scientific Institution FANTSA) and genotypes close to ideal in their properties - 837d-25 (P.P. Lukyanenko Scientific Center of Grain), Leucurum 3438 (Krasnokutskaya SS), No. 28 (Federal State Budgetary Scientific Institution Research Institute of Agriculture of the South-East), Hordeiform 888, Hordeiform 960 (Federal State Budgetary Scientific Institution FANTSA), 4) the maximum differentiating capacity of the environment is established for the conditions of 2024 with the lowest yield and maximum load of limiting factors and high efficiency of selection of resistant genotypes. It is advisable to use the identified genotypes (given above) in the breeding of durum wheat in the Samara Research Institute of Agriculture as basic genotypes to expand the genetic diversity of the varieties being created.*

**Keywords:** durum wheat, variety, yield, stability, GGE biplot analysis.

### Введение

Создание высокопродуктивных сортов связано с совершенствованием двух сложных генетических систем – потенциальной продуктивности и способности стабилизировать процессы формирования урожайности при варьировании условий среды. Эти задачи реализуются при создании сортов устойчивых к стрессам биотической (патогены, вредители) и абиотической (засуха, температурные аномалии, засоленность и кислотность почвы) природы с высокой эффективностью использования питательных веществ, солнечной радиации и ресурсов влаги [1, 2]. Отбор соответствующего этим требованиям селекционного материала может быть эффективным при его проведении на адекватных средовых фонах. Селекция в этом случае ведется с учетом взаимодействий генотип-среда (genotype-environment interaction – GEI), проявляющихся при изучении исследуемого набора генотипов в разных средах [3]. Методологический подход с целью оценки GEI связан с организацией эксперимента либо во времени (изучения в одном экопункте – по годам, или технологическим фонам), либо в пространстве (разные экопункты), либо эти два подхода объединяются в один эксперимент [3].

Стратегическая задача состоит в том, чтобы в процессе эксперимента идентифицировать генотипы с минимальными значениями GEI в мега-среде или в конкретной среде с возможностью прогнозирования продукционных возможностей отобранных генотипов.

Для интерпретации полученных в подобных экспериментах результатов используют методы регрессионного, многомерного анализа и непараметрической статистики [4].

Кроме этих методов статистического анализа, широко применяется метод главных компонент PCA (principle component analysis) с визуализацией результатов варьирования генотипов и сред на двухмерном графике при доминирующем влиянии в общей дисперсии двух главных компонент в моделях GGE биplot (G – генотип, GE – генотип – средовые взаимодействия) анализа [5]. Эти модели эффективны как на завершающих этапах селекции (конкурсное, экологическое сортоиспытание), так и при изучении исходного материала [6,7]. В частности, этот метод целесообразно применять при отборе адаптированных генотипов из коллекции сортов инорайонной селекции для расширения генетического разнообразия среди базовых сортов местной селекции.

Для определения эффектов генотипа, среды и структуры их взаимодействия применяли графический метод GGE biplot анализа. Данные по урожайности сортов статистически обработаны и представлены графически (GGE biplot) при помощи программы Genstat 12.

**Цель исследований** – идентификация адаптированных к условиям Среднего Поволжья генотипов (селекционных линий), созданных в Национальном центре зерна им.П.П.

### Материал и методы исследований

Объектами исследований были: 5 селекционных линий Краснокутской СС – Гордеиформе 3419, 3417, 3437, 3438, 3462; 6 линий, созданных в НЦ зерна им.П.П. Лукьяненко – 3716h-46, 656d-11, 662d-58, 804d-94, 837d-125, 841d-14; 13 линий алтайской селекции ФГБНУ ФАНЦА – Гордеиформе 1068, Гордеиформе 1079, Гордеиформе 1080, Гордеиформе 1082, Гордеиформе Гордеиформе 1088, Гордеиформе 1096, Гордеиформе 1091, Гордеиформе 1094, Гордеиформе 1099, Гордеиформе 829, Гордеиформе 888, Гордеиформе 960, Леукурум 1005; 5 линий селекции ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока – № 8, № 9, № 15, № 24, № 25. В эксперимент был включен стандартный сорт Самарского НИИСХ – Безенчукская 210, допущенный к хозяйственному использованию в 7 и 9 регионах России, который относится к среднеспелому биотипу, среднерослый, адаптирован к климатическим факторам Среднего Поволжья и Урала.

Эксперимент проводился в течение 3-х лет на опытном поле Самарского НИИСХ. Почва экспериментального участка-тяжелосуглинистый чернозем с содержанием гумуса 4,0...4,5%, азота – 5,5...7,0 мг/кг (по Тюрину), подвижного фосфора – 315...361 мг/кг (по Чирикову), обменного калия – 210...267 мг/кг (по Мачигину), рН в водной вытяжке – 6,95. Посев проводили по черному пару, после боронования и предпосевной культивации, сеялкой «Клён-1,5» на делянках с учетной площадью 10,0 м<sup>2</sup>, в 3-х кратной повторности с рендомизированным размещением вариантов в блоках. Уборка делянок проводилась в период полного созревания зерна с применением агрегатов Sampo 130 и Wintersteiger. Урожайность зерна приведена к стандартной влажности – 14,0%.

Условия среды 2022 и 2023 гг. были благоприятными для формирования высоких урожаев твердой пшеницы. В 2022 г. – ГТК за вегетацию достиг 0,84 при благоприятных условиях при прохождении всех фаз развития твердой пшеницы. Урожайность стандарта – Безенчукской 210 достигла – 44,1 ц/га. В 2023 г., несмотря на низкий ГТК за вегетацию (0,55), урожайность стандарта – Безенчукской 210 в опыте составила 26,1 ц/га. Полученный результат связан с благоприятными гидротермическими условиями в период трубкование-колошение (ГТК – 1,34) и достаточным количеством осадков при формировании и наливе зерна 35,5 мм. Метеорологические условия 2024 г. были неблагоприятными для процессов формирования урожайности твердой пшеницы. Продолжительный период от посева до всходов (14 дней) сопровождался развитием корневых гнилей (*Fusarium sp.*) с последующим изреживанием посевов. Отсутствие осадков в период всходы-трубкование усилило этот негативный эффект на формирование стеблестоя. Недостаточное количество осадков и высокие температуры в период формирования и налива зерна отрицательно повлияли на величину урожайности зерна всех сортов. Урожайность стандарта составила 12,1 ц/га. Урожайность зерна исследуемого набора генотипов варьировала в пределах от 1,4 ц/га до 12,3 ц/га.

В целом условия среды за 3-х летний период изучения селекционного материала, полученного из разных селекционных центров России, позволили оценить потенциал продуктивности и устойчивости селекционных линий и выделить адаптированные генотипы для использования в селекционном процессе в условиях Среднего Поволжья (табл. 1).

**Метеорологические условия по периодам вегетации пшеницы твердой (по сорту стандарту Безенчукская 139) в годы исследований**

| Метеопараметр        | Всходы-кущение | Кущение – трубкавание | Трубкавание – колошение | Колошение – восковая спелость | Восковая спелость – уборка урожая | За вегетацию в целом |
|----------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 2022 г.              |                |                       |                         |                               |                                   |                      |
| Осадки, мм           | 42,1           | 45,5                  | 18,1                    | 48,8                          | 18,3                              | 142,8                |
| Сумма температур, °С | 447,9          | 395,7                 | 192,6                   | 420,7                         | 234,6                             | 1700,0               |
| ГТК                  | 0,94           | 1,15                  | 0,94                    | 1,16                          | 0,78                              | 0,89                 |
| 2023 г.              |                |                       |                         |                               |                                   |                      |
| Осадки, мм           | 8,9            | 19,1                  | 25,8                    | 22,7                          | 12,8                              | 89,3                 |
| Сумма температур, °С | 387,0          | 353,7                 | 192,5                   | 428,3                         | 237,0                             | 1623,6               |
| ГТК                  | 0,23           | 0,54                  | 1,34                    | 0,53                          | 0,54                              | 0,55                 |
| 2024 г.              |                |                       |                         |                               |                                   |                      |
| Осадки, мм           | 0,00           | 4,4                   | 23,3                    | 27,7                          | 45,7                              | 101,1                |
| Сумма температур, °С | 281,4          | 223                   | 255                     | 659                           | 460                               | 1878,4               |
| ГТК                  | 0,00           | 0,20                  | 0,91                    | 0,42                          | 0,99                              | 0,54                 |

**Результаты и обсуждение**

Средняя урожайность по годам с учетом показателей всех сортов составила в 2024 г. – 6,8 ц/га, в 2023г. - 21,6 ц/га (+317,6% к 2024г.), в 2022 г. – 42,1 ц/га (+619,1% к 2024г. и +194,9% к 2023г.). Урожайность сортов по данным за 3 года изменялась от 18,0 ц/га у Гордеиформе 1094, до 27,4 ц/га у Безенчукской 210 (+152,2% к уровню Гордеиформе 1094). Эти результаты предполагают значимые эффекты условий года, генотипа и их взаимодействия (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность селекционных линий яровой твёрдой пшеницы в Самарском НИИСХ**

| № п/п | Сорт      | Оигинатор                  | 2022 | 2023 | 2024 | Средняя |
|-------|-----------|----------------------------|------|------|------|---------|
|       |           |                            |      |      |      |         |
| 1     | Горд.3419 | Краснокутская СС           | 41,3 | 20,4 | 6,8  | 22,8    |
| 2     | Леук.3417 | Краснокутская СС           | 42,9 | 19,9 | 7,6  | 23,4    |
| 3     | Леук.3437 | Краснокутская СС           | 43,5 | 19,8 | 9,7  | 24,3    |
| 4     | Леук.3438 | Краснокутская СС           | 45,2 | 21,0 | 9,8  | 25,3    |
| 5     | Леук.3462 | Краснокутская СС           | 43,5 | 22,6 | 8,3  | 24,8    |
| 6     | 3761h-46  | НЦ зерна им.П.П.Лукияненко | 48,6 | 14,1 | 6,2  | 23,0    |
| 7     | 656d-11   | НЦ зерна им.П.П.Лукияненко | 46,3 | 12,0 | 4,6  | 21,0    |
| 8     | 662d-58   | НЦ зерна им.П.П.Лукияненко | 43,8 | 11,4 | 3,0  | 19,4    |
| 9     | 804d-94   | НЦ зерна им.П.П.Лукияненко | 48,1 | 16,1 | 6,7  | 23,7    |
| 10    | 837d-125  | НЦ зерна им.П.П.Лукияненко | 46,3 | 20,5 | 10,7 | 25,8    |
| 11    | 841d-14   | НЦ зерна им.П.П.Лукияненко | 44,1 | 21,1 | 8,9  | 24,7    |
| 12    | Горд.1068 | ФГБНУ ФАНЦА                | 36,2 | 25,2 | 1,2  | 20,8    |
| 13    | Горд.1079 | ФГБНУ ФАНЦА                | 36,7 | 22,2 | 9,9  | 22,9    |
| 14    | Горд.1080 | ФГБНУ ФАНЦА                | 38,0 | 25,6 | 8,5  | 24,0    |
| 15    | Горд.1082 | ФГБНУ ФАНЦА                | 41,5 | 23,8 | 12,3 | 25,9    |

| Продолжение табл.2 |              |                         |      |      |      |      |
|--------------------|--------------|-------------------------|------|------|------|------|
| 16                 | Горд.1088    | ФГБНУ ФАНЦА             | 38,4 | 22,5 | 3,7  | 21,5 |
| 17                 | Горд.1096    | ФГБНУ ФАНЦА             | 42,8 | 22,6 | 1,4  | 22,2 |
| 18                 | Горд.1091    | ФГБНУ ФАНЦА             | 45,2 | 23,6 | 5,4  | 24,7 |
| 19                 | Горд.1094    | ФГБНУ ФАНЦА             | 29,5 | 22,3 | 2,2  | 18,0 |
| 20                 | Горд.1099    | ФГБНУ ФАНЦА             | 44,7 | 18,4 | 7,8  | 23,6 |
| 21                 | Горд.829     | ФГБНУ ФАНЦА             | 42,7 | 24,0 | 1,2  | 22,6 |
| 22                 | Безенчук.210 | Самарский НИИСХ         | 44,1 | 26,1 | 12,1 | 27,4 |
| 23                 | Гор.888      | ФГБНУ ФАНЦА             | 39,6 | 25,6 | 11,3 | 25,5 |
| 24                 | Гор.960      | ФГБНУ ФАНЦА             | 38,4 | 25,3 | 12,3 | 25,3 |
| 25                 | Л1005        | ФГБНУ ФАНЦА             | 38,8 | 26,0 | 4,0  | 22,9 |
| 26                 | 8            | ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока | 42,2 | 22,9 | 6,7  | 23,9 |
| 27                 | 9            | ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока | 44,3 | 23,8 | 6,1  | 24,7 |
| 28                 | 15           | ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока | 41,7 | 22,1 | 3,1  | 22,3 |
| 29                 | 27           | ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока | 42,5 | 22,4 | 3,7  | 22,9 |
| 30                 | 28           | ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока | 42,0 | 23,8 | 9,6  | 25,1 |
| В среднем по годам |              |                         | 42,1 | 21,6 | 6,8  | 23,5 |

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа подтвердили это предположение. Обнаружены значимые эффекты генотипов, среды (годы) и их взаимодействия. Вклад условий среды (годы) в общую дисперсию был определяющим – 90,9%, доля генотипов и генотип-средовых взаимодействий составила 3,4% и 4,3% соответственно. Достоверность всех компонентов дисперсии позволяет использовать методологию GGE биplot-анализа (табл. 3).

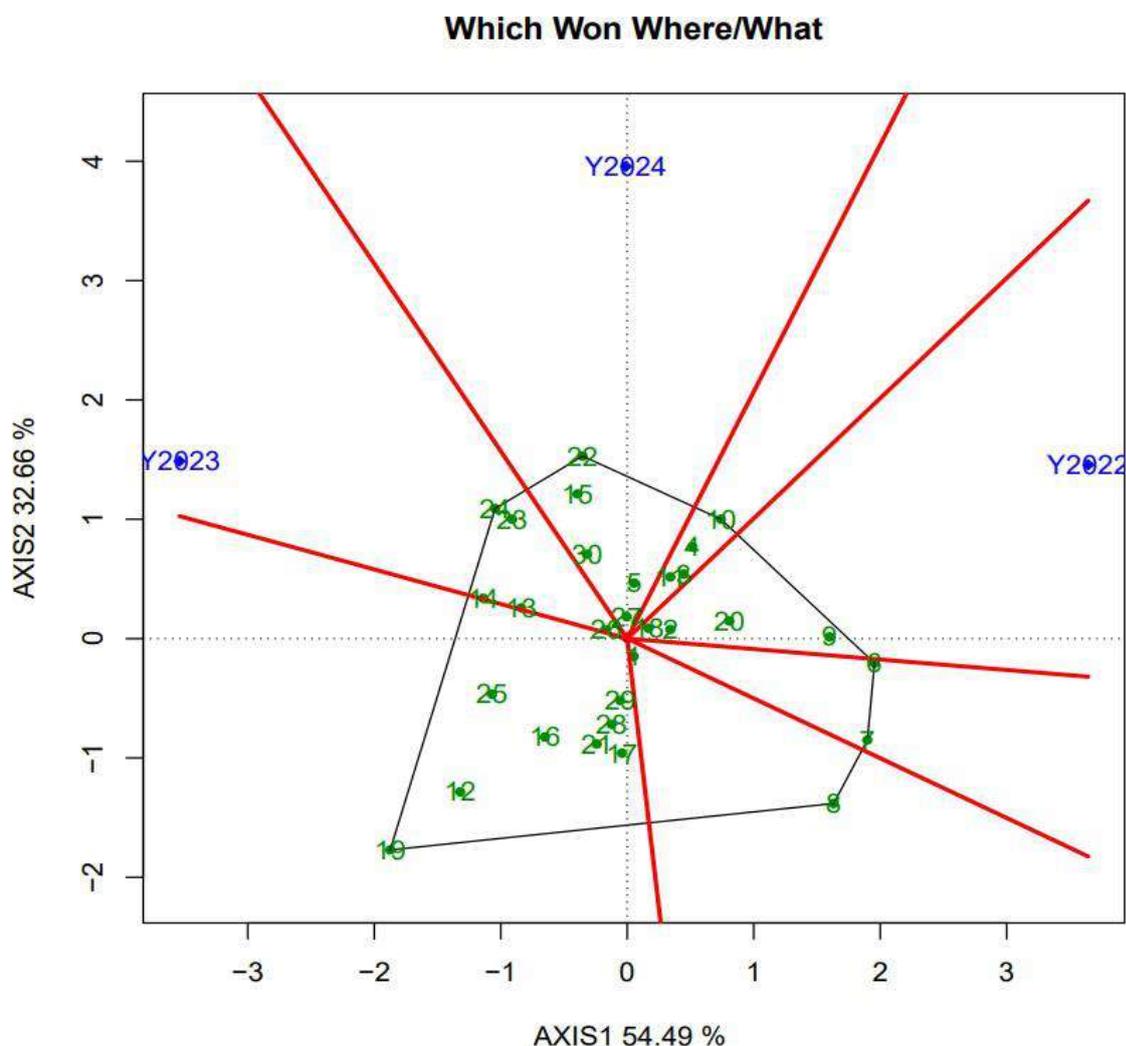
Таблица 3

**Вклад в общую дисперсию изменчивости генотипов, среды (годы), их взаимодействия, значимость их эффектов и достоверность различий между вариантами**

| Источник дисперсии              | SS      | Доля факторов в общей дисперсии | F     | НСР 0,05 |
|---------------------------------|---------|---------------------------------|-------|----------|
| Общее                           | 60824,9 | 100,0                           |       |          |
| Генотипы                        | 2043,6  | 3,4                             | 7,8*  | 2,0      |
| Среда (годы)                    | 55297,7 | 90,9                            | 6100* | 0,63     |
| Генотип-средовые взаимодействия | 2628,7  | 4,3                             | 9,8*  | 3,46     |
| остаточное                      | 854,9   | 1,4                             |       |          |

Биplot анализ по методу GGE biplot позволил визуально на графиках адекватно представить эффекты генотипов, среды и генотип-средовых взаимодействий. Правомерность применения метода основана на определяющем вкладе в общую дисперсию первых 2-х главных компонент (PC-1 и PC-2) факторного анализа, составившего в сумме 97,15%.

Первый график представляет взаимодействие между генотипами и генотипов со средой в виде многоугольника «which-won-where – какой генотип где выиграл» (рис. 1).



*Рис. 1. GGE biplot в виде многоугольника, характеризующий генотип-средовые взаимодействия по схеме «какой генотип где выиграл». Ось AXIS1 показывает вклад в дисперсию PC1, ось AXIS2 – PC2. Цифрами 1-30 обозначены номера генотипов в соответствии с таблицей № 1. Символами Y обозначены среды, образованные условиями соответствующего года исследований*

Углы многоугольника образуют наиболее удаленные от начала координат точки биplotа, отражающие расположение генотипов на графике, - № 22 (Безенчукская 210), № 10 (837d-125). № 6 (3761h-46), № 24 (Гордеиформе 960), № 7 (656d-11), № 8 (662d-58), № 19 (Гордеиформе 1094), остальные точки расположены внутри многоугольника. Линии, проведенные через начало координат разделяют биplot на сектора. Условия среды в годы исследований сильно различались, что отображено на графике – точки Y2022, Y2023, Y2024 расположены в разных секторах. В секторе с максимальной продуктивностью среды (Y2022=42,1ц/га) расположены следующие генотипы – по два селекции НЦ зерна им. П.П.Лукьяненко и ФГБНУ ФАНЦА – № 6 (3761h-46), № 9 (804d-94), № 20 (Гордеиформе 1099), № 18 (Гордеиформе 1091) соответственно и один Краснокутской селекции – № 2 (Леукурум 3417). Взаимодействие этих генотипов в системе GGE biplot позволяет отнести их к группе наиболее отзывчивых на благоприятные условия среды. В одном секторе, включающем среднюю продуктивность условий среды в эксперименте (Y2023=21,6ц/га) располагались 4 линии, созданные в ФГБНУ ФАНЦА № 24, 23,14,13 (Гордеиформе 960, Гордеиформе 888, Гордеиформе 1080, Гордеиформе 1079 соответственно) и одна в ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока № 26 (№ 8). Эти генотипы в совокупности изученных сред и генотипов лучше других генетических вариантов используют ресурсы среды со средней продуктивностью, варьирующей около величины 21,6

ц/га. Сектор с низкой продуктивностью среды 2024 года ( $Y_{2024} = 6,8$  ц/га) включал стандартный сорт Самарского НИИСХ №22 (Безенчукская 210), две линии ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока – № 27 (9), № 30 (28), по одной линии из ФГБНУ ФАНЦА – № 15 (Гордеиформе 1082) и Краснокутской СС № 5 (Леукурум 3462). Эти генотипы из всей совокупности условий среды, лучше других изученных генотипов, приспособлены к лимитирующим факторам 2024 года – перепадам температур в начале вегетации, корневым гнилям, листовым пятнистостям и высокой температуре в период формирования и налива зерна. Линии № 10 (837d-125), № 11 (841d-125) из НЦ зерна им. П.П. Лукьяненко, № 3 (Леукурум 3437), № 4 (Леукурум 3438) селекции Краснокутской СС, вошедшие в узкий сектор между секторами  $Y_{2024}$  и  $Y_{2022}$ , можно отнести к группе с достаточной отзывчивостью на благоприятные условия среды и устойчивостью к стрессовым факторам 2024 года. Одиннадцать селекционных линий не вошли в средовые сектора, три из них селекции НЦ зерна им. П.П. Лукьяненко – № 7 (856d-11), № 8 (662d-58), одна № 1 (Гордеиформе 3419) Краснокутской СС, две ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока – № 28 (15), № 29 (27) и шесть ФГБНУ ФАНЦА – № 16 (Гордеиформе 1088), (№ 17 (Гордеиформе 1096), № 21 (Гордеиформе 829), № 25 (Леукурум 1005), № 12 (Гордеиформе 1068), № 19 (Гордеиформе 1094). Эти генотипы не обладают свойствами адаптации к спектру условий среды, имевшему место в эксперименте.

Следующий GGE биplot характеризует генотип-средовые взаимодействия по урожайности и её стабильности на основе её средних средовых значений (рис. 2).

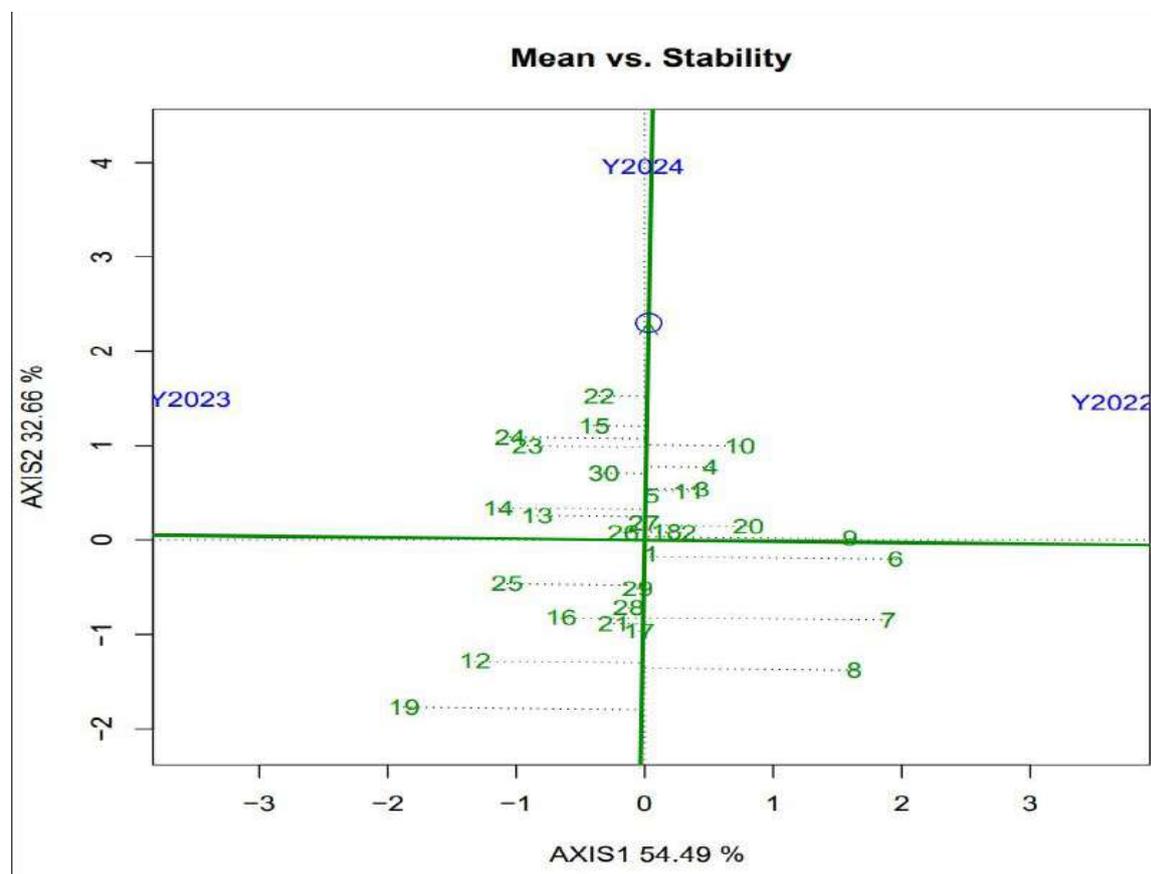


Рис. 2. GGE biplot, отражающий генотип-средовые взаимодействия по схеме «распределение сортов по урожайности и стабильности на основе её средних средовых значений». Ось AXIS1 показывает вклад в дисперсию PC1, ось AXIS2 – PC2. Цифрами 1-30 обозначены номера сортов в соответствии с таблицей №1.

Поскольку условия среды в эксперименте по годам сильно различаются и не образуют мега-среду (когда в одном секторе 2,3 среды), график, отображающий генотип-средовые взаимодействия урожайности и её стабильность совпал с осями (абсцисс, ординат) на плоскости с двухмерной системой координат. Центр пересечения горизонтальной оси

(абсцисс) и вертикальной (ординат) маркирует среднюю урожайность всех генотипов во всех средах. Проходящая через центр биплота вертикальная ось (ординат) со стрелкой показывает среднюю урожайность генотипов по всем средам. Урожайность возрастает при движении вдоль этой оси снизу-вверх. Величина расстояния от точки, маркирующей положение сорта на графике до её проекции на оси ординат, т.е. параллельно абсциссе по обе стороны ординаты, наглядно демонстрирует стабильность генотипа. Минимальные расстояния характерны для сортов с высокой стабильностью, максимальные с низкой. Используемая в данном эксперименте модель взаимодействия генотип-среда может включать компонент отзывчивости на благоприятный комплекс среды, что необходимо учитывать при анализе стабильности сортов. Графический анализ биплота позволяет визуально идентифицировать генотипы, как превышающие, так и уступающие по урожайности средней по опыту. Первые расположены выше оси абсцисс, вторые ниже. В первую группу вошли 16 генотипов в том числе стандарт Безенчукская 210 (Самарский НИИСХ), 4 линий из 5 селекции Краснокутской СС, 7 из 13 линий ФГБНУ ФАНЦА, 3 из 5 линий ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока и одна линия НЦ зерна им.П.П. Лукьяненко из 6 изученных, ещё одна линия этого учреждения (№9) сформировала урожайность зерна равную средней по опыту. Среди первой группы генотипов, превышающих среднюю величину урожайности по опыту, выделяется 5 генотипов с высокой продуктивностью (расположены в верхней части биплота): № 22 (Безенчукская 210-Самарский НИИСХ, стандарт), № 5, № 24, № 23 (Гордеиформе 1082, Гордеиформе 960, Гордеиформе 888) селекции ФГБНУ ФАНЦА и № 10 (837d-125) селекции НЦ зерна им. П.П. Лукьяненко. Группа линий с самой низкой продуктивностью (расположены в нижней части биплота) включает три генотипа: № 19 (Гордеиформе 1094), № 12 (Гордеиформе 1068) селекции ФГБНУ ФАНЦА, № 8 (662d-58) селекции НЦ зерна им.П.П. Лукьяненко.

Среди обеих групп генотипов (превышающих и уступающих средней урожайности по опыту) высокая стабильность (точка маркирующая генотип находится на близком расстоянии от оси ординат) установлена для следующих 16 генотипов: № 22 (Безенчукская 210), № 15 (Гордеиформе 1082), № 4 (Леукурум 3438), № 30 (28), № 11 (841d-14), № 3 (Леукурум 3457), № 5 (Леукурум 3462), №26 (8), № 1 (Гордеиформе 3419), № 27 (9), № 18 (Гордеиформе 1091), № 2 (Леукурум 3417), №29 (27), №28 (15), № 21 (Гордеиформе 829), № 17 (Гордеиформе 1096). Среди высокопродуктивной группы генотипов (находятся в самой верхней части биплота) к высокостабильным можно отнести два генотипа – № 22 (Безенчукская 210) и Гордеиформе 1082 (ФГБНУ ФАНЦА). Высокая стабильность установлена для генотипов значительно превышающих среднюю урожайность по опыту: № 3 (Леукурум 3437), № 5 (Леукурум 3462) и № 11 (847d-14). Высокая стабильность установлена для ряда сортов с урожайностью ниже средней по опыту: № 17 (Гордеиформе 1096), № 21 (Гордеиформе 829, № 28 (15), № 29 (27). Низкая стабильность отмечена у четырех сортов № 7 (656d-11), № 8 (662d-58), № 12 (841d-14), № 19 (Гордеиформе 1094), сформировавших урожайность во всех средах значительно ниже средней по опыту, т.е. в данном случае имеет место сочетание в одном генотипе двух отрицательных свойств – низкая продуктивность и её стабильность.

Третий, исследованный GGE биplot, позволяет визуально оценить отношение изученных линий к «идеальному» генотипу. Биplot разделен концентрическими кругами на окружности с центром, маркированным стрелкой на оси ординат, в котором теоретически располагается «идеальный» генотип (рис. 3).

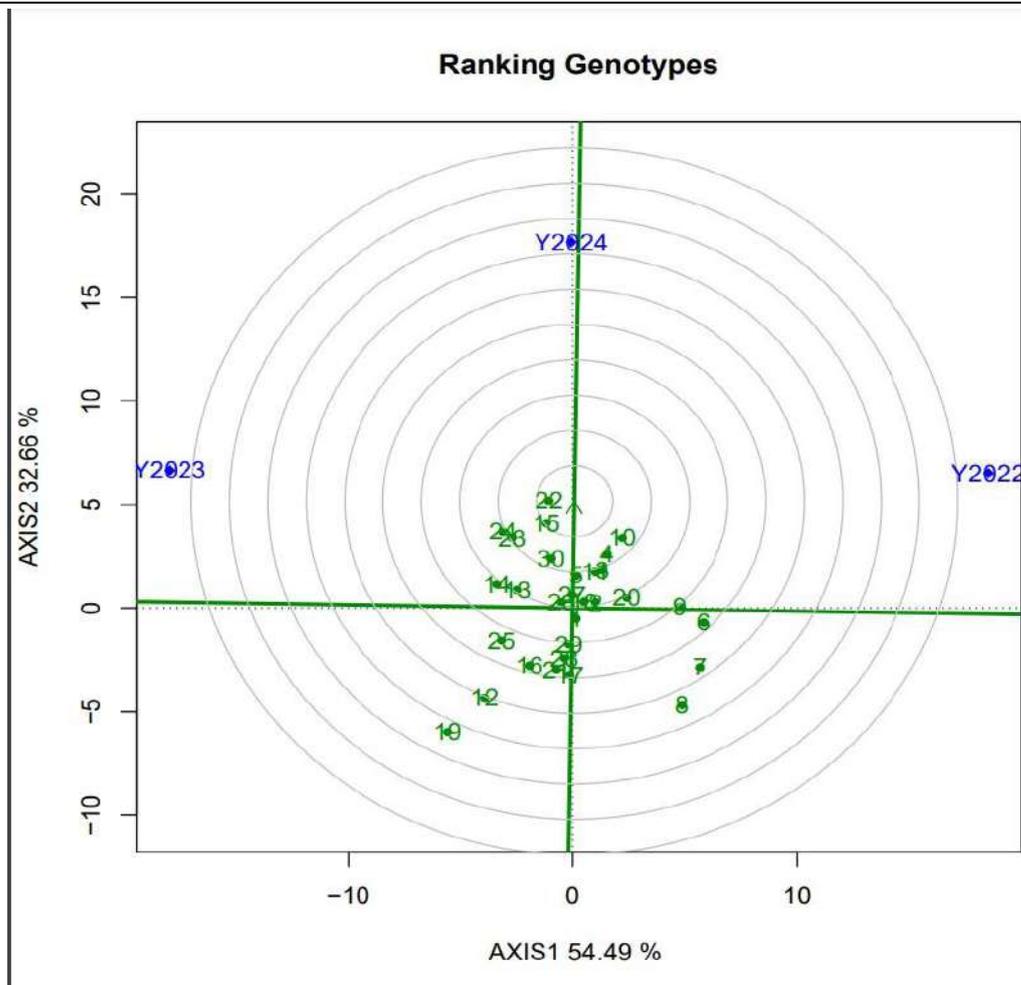


Рис. 3. GGE biplot, характеризующий ранжирование изученных селекционных линий относительно «идеального» генотипа. Ось AXIS1 показывает вклад в дисперсию PC1, ось AXIS2 – PC2. Цифрами 1-30 обозначены номера сортов в соответствии с таблицей №1

Максимально близко к стрелке (в центральной окружности) расположились генотипы: № 22 (Безенчукская 210) и № 15 (Гордеиформе 1082). Эти генотипы были лучшими в среде с минимальной продуктивностью и максимальным давлением стрессовых факторов (Y2024) и по результатам оценки второго биплота были одними из лучших по стабильности урожайности. Во второй окружности от центра биплота находились генотипы №10 (837d-125), № 4 (Леукурум 3438), № 30 (28), № 23 (Гордеиформе 888), № 24 (Гордеиформе 960). Сравнение результатов полученных по генотипам № 15 и № 10, показывает, что при одинаковой средней урожайности (25,9ц/га и 25,8 ц/га), № 15 характеризуется лучшей стабильностью (см.второй биplot) и меньшими различиями с «идеальным» генотипом. В связи с этим можно предположить, что в данном наборе сортов, сред и применяемых статистических методов, акцент оценки генотипов смещен в сторону стабильности. В связи с этим необходимо обратить внимание на генотипы № 3 (Леукурум 3437), № 5 (Леукурум 3462) и № 11 (841d-14), которые отличаются высокой стабильностью и при более низкой урожайности, чем у линий предыдущей группы (вторая окружность от центра), расположены на третьем биplotе в пограничной области второй и третьей окружности от центра биплота. Генотипы с низкой урожайностью и стабильностью № 7 (656d-11), № 8 (662d-58), № 12 (Гордеиформе 1068) и № 19 (Гордеиформе 1094) находились на максимальном удалении от центра, их свойства значительно отличаются от «идеального» генотипа.

Следующий биplot визуализирует дифференцирующую способность сред относительно идеальной в данном наборе генотипов и сред (рис. 4).

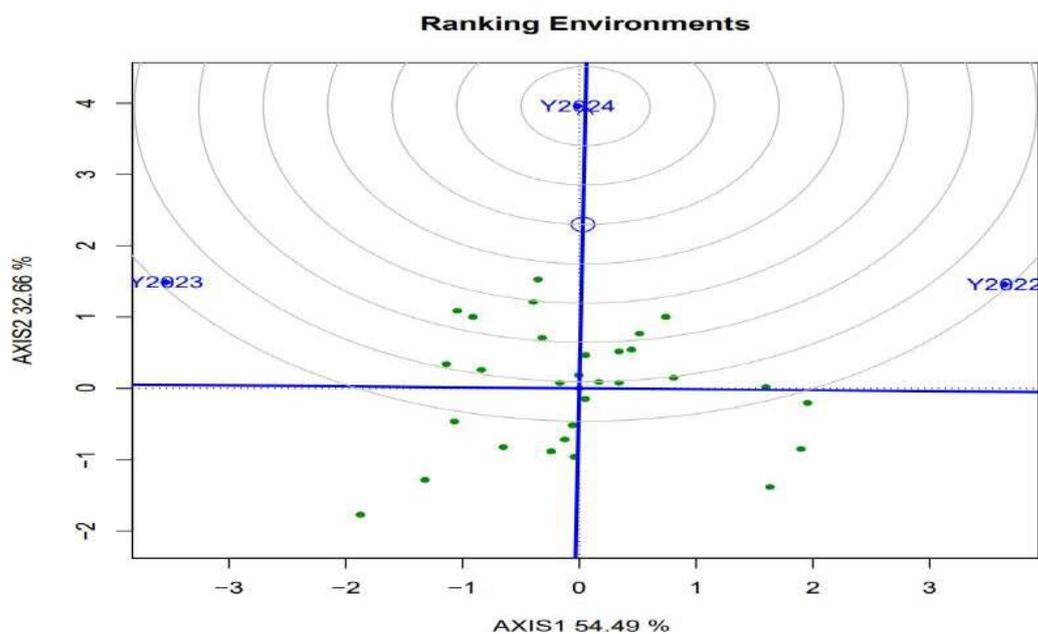


Рис. 4. GGE biplot, характеризующий расположение сред Y2022, Y2023, Y2024 относительно среды с «идеальной» дифференцирующей способностью. Ось AXIS1 показывает вклад в дисперсию PC1, ось AXIS2 – PC2

В центральной окружности биplotа в точке «идеальной» среды располагается среда 2024 года (Y2024). Эта среда характеризуется минимальной в опыте урожайностью и максимальной нагрузкой стрессовых факторов. Её высокая дифференцирующая способность означает присутствие в наборе исследуемых генотипов значительных различий по адаптивности к лимитирующим факторам среды и эффективности отбора в этих условиях устойчивых сортов. Среды Y2022 и Y2023 на биplotе расположены в последней окружности – на максимальном удалении от центра биplotа. Эти среды с максимальной и средней продуктивностью целесообразно использовать для отбора генотипов отзывчивых на благоприятные условия среды с эффектом стабилизации устойчивости.

#### Заключение

GGE биplot анализ распределения селекционных линий, позволил идентифицировать, следующие генотипы с высокой отзывчивостью на благоприятные условия среды (Y2022=42,1ц/га): 3761h-46, 804d-94 (НЦ зерна им.П.П.Лукьяненко), Гордеиформе 1099, Гордеиформе 1091 (ФГБНУ ФАНЦА), Леукурум 3417 (Краснокутская СС).

Анализ биplotа данных средней урожайности и её стабильности в эксперименте, позволил выделить 16 генотипов, превышающих среднюю урожайность всех сортов по опыту. В эту группу вошли – Безенчукская 210 (Самарский НИИСХ, стандарт), 7 линий из 13 ФГБНУ ФАНЦА, 4 линии из 5 Краснокутской СС, 3 линии из 5 ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока и одна линия НЦ зерна им.П.П. Лукьяненко. Генотипы с максимальной урожайностью в опыте Безенчукская 210 и Гордеиформе 1082 (ФГБНУ ФАНЦА), обладают достаточно высокой стабильностью. Среди генотипов значительно превысивших среднюю урожайность по опыту самой высокой стабильностью характеризовались – Леукурум 3437, Леукурум 3462 и 847d14, созданных, первые два, на Краснокутской СС и в НЦ зерна им. П.П. Лукьяненко.

Свойства генотипов Безенчукская 210 и Гордеиформе 1082 (ФГБНУ ФАНЦА) были близки к «идеальному» генотипу. К этим сортам в координатах «идеального» генотипа были близки линии – 837d-25 (НЦ зерна им.П.П. Лукьяненко), Леукурум3438 (Краснокутская СС), № 28 (ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока), Гордеиформе 888, Гордеиформе 960 (ФГБНУ ФАНЦА).

Среда Y2024 с максимальным набором лимитирующих факторов соответствовала по дифференцирующей способности «идеальной». Отборы в условиях 2024 года должны быть эффективными для формирования набора генотипов, устойчивых к стрессовым факторам.

Среды Y2022, Y2023 целесообразно использовать для отбора генотипов, отзывчивых на благоприятные условия среды.

Идентифицированные генотипов (приведены выше) целесообразно использовать в селекции твердой пшеницы в Самарском НИИСХ в качестве базовых генотипов для расширения генетического разнообразия создаваемых сортов.

**Исследования выполнены по Государственному заданию и при поддержке научного фонда № 23-16-000-41 (<https://rscf.ru/project/23-16-00041/>).**

### Литература

1. Tshikunde NM, Mashilo J, Shimelis H, et al. Agronomic and Physiological Traits, and Associated Quantitative Trait Loci (QTL) Affecting Yield Response in Wheat (*Triticum aestivum* L.): A Review // *Front.Plants Sci.* [Internet].-2019.-[cited-2024 July20] 10:1428. Doi:10.3389/fpls.201901428
2. Voss-Fels KP, Stahl A, Wittkop B, et al. Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels // *Nature Plants* [Internet]. – 2019. - [cited 2024 July25] Vol 5. - P.706-714 doi.org/10.1038/s41477-019-0445-5
3. De Vita P., Mastrangelo A.M., Matteu L., Mazzucotelli L.E., Virzì N., Palumboc M., Storto M. Lo., Rizza F., Cattivelli L. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy // *Field Crops Res.* [Internet] - 2010.- [cited 2024 July20]. Vol.119.- P.68-77. DOI 10.1016/j. fcr.2010.06.016
4. Moreno-González J., Crossa J., Cornelius P.L. Genotype × environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models // *Euphytica.* [cited 2024 July20] - V.137. - Issue Date: June 2004.- P.137-149.
5. Yan W., Tinker N.A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications // *Can. J. Plant Sci* [Internet]. – 2006. - [cited 2024 July20] V.86.-P.623-645. DOI 10.4141/P05-169
6. Солонечный П.Н. AMMI и GGE biplot анализ взаимодействия генотип– среда линий ячменя ярового // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2017. – № 21 (6). – С. 657-662. DOI 10.18699/ VJ17.283
7. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2019. – № 23 (1). – С. 110-118. DOI 10.18699/VJ19.469

### References

1. Tshikunde NM, Mashilo J, Shimelis H, et al. Agronomic and Physiological Traits, and Associated Quantitative Trait Loci (QTL) Affecting Yield Response in Wheat (*Triticum aestivum* L.): A Review. *Front.Plants Sci.* [Internet].-2019.-[cited 2024 July20] 10:1428. Doi:10.3389/fpls.201901428
2. Voss-Fels KP, Stahl A, Wittkop B, et al. Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels. *Nature Plants* [Internet]. – 2019. - [cited 2024 July25] Vol 5. - P.706-714 doi.org/10.1038/s41477-019-0445-5
3. De Vita P., Mastrangelo A.M., Matteu L., Mazzucotelli L.E., Virzì N., Palumboc M., Storto M. Lo., Rizza F., Cattivelli L. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. *Field Crops Res.* [Internet] - 2010.- [cited 2024 July20] Vol.119.- P.68-77. DOI 10.1016/j. fcr.2010.06.016
4. Moreno-González J., Crossa J., Cornelius P.L. Genotype × environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. *Euphytica* [Internet]. - 2004. [cited 2024 July20] - V.137. - Issue Date: June 2004.- P.137-149.
5. Yan W., Tinker N.A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Can. J. Plant Sci* [Internet]. - 2006.- [cited 2024 July20] V.86.-P.623-645. DOI 10.4141/P05-169
6. Solonechnyi P.N. AMMI and GGE biplot analyses of genotype-environment interaction in spring barley lines. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2017;21(6):657-662. DOI 10.18699/VJ17.283 (in Russian)
7. Gudzenko V.N. Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii=Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2019;23(1):110- 118. DOI 10.18699/VJ19.469 (in Russian)

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПОСЛЕ ГОРОХОВОГО ПРЕДШЕСТВЕННИКА В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**Л.В. ЮШКЕВИЧ**, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-6203-1078

**Д.Н. ЮЩЕНКО**, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-7387-8055

E-mail: andenisna@mail.ru,

**А.Г. ЩИТОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-2496-5830

**И.В. ПАХОТИНА**, кандидат сельскохозяйственных наук,

**А.С. БУТКО**, младший научный сотрудник

ФГБНУ ОМСКИЙ АНЦ, E-mail: 55asc@bk.ru

**Аннотация.** В засушливой лесостепной почвенно-климатической зоне Западной Сибири в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – горох – пшеница – ячмень) установлено влияние агротехнологий пшеницы яровой после горохового предшественника на полевую всхожесть семян, водопотребление, питательный режим, засоренность, инфицированность агрофитоценоза, продуктивность и качество зерна. Интенсивная агротехнология с комплексным применением удобрений, гербицидов, фунгицидов, повышала урожайность качественного зерна с 1,93 до 3,79 т/га, при преимуществе ресурсосберегающей плоскорезной обработки почвы – 3,95 т/га. Прибавки урожайности в возрастающей последовательности размещаются в следующем порядке: биостим (0,22 т/га – 9%), инсектициды (0,31 – 13%), фунгициды (0,49-21%), гербициды (0,50 – 21%), удобрения (0,87-36%), совместное применение удобрений и гербицидов – 1,37 т/га. Удельный вес зернобобовых культур в зональной структуре пашни должен быть расширен до 6-8%.

**Ключевые слова:** агротехнология, пшеница яровая, предшественник, плодородие, агрофитоценоз, урожайность, качество зерна.

**Для цитирования:** Юшкевич Л.В., Ющенко Д.Н., Щитов А.Г., Пахотина И.В., Бутко А.С. Продуктивность пшеницы мягкой яровой после горохового предшественника в лесостепи Западной Сибири. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 4(52):139-147. DOI: 10.24412/2309- 348X-2024-4-139-147

## PRODUCTIVITY OF SPRING SOFT WHEAT AFTER PEA FORECROP IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

**L.V. Yushkevich, D.N. Yushchenko, A.G. Shchitov, I.V. Pakhotina, A.S. Butko**

FSBSI «OMSK AGRARIAN RESEARCH CENTRE», Omsk, Russia

**Abstract:** In the arid forest-steppe soil-climatic zone of Western Siberia in the grain-steam crop rotation (steam – wheat – peas - wheat - barley), the influence of agricultural technologies of spring wheat after the pea forecrop on field germination of seeds, water consumption, nutrient regime, contamination, infection of agrophytocenosis, productivity and grain quality has been established. Intensive agrotechnology, with the complex use of fertilizers, herbicides, fungicides, increased the yield of high-quality grain from 1.93 to 3.79 t/ha with the advantage of resource-saving flat-cut tillage - 3.95 t/ha. Yield increases in increasing sequence are placed in the following order: biostim (0.22 t/ha – 9%), insecticides (0.31 – 13%), fungicides (0.49-21%), herbicides (0.50 – 21%), fertilizers (0.87-36%), combined use of fertilizers and herbicides – 1.37 tons/ha. The specific weight of leguminous crops in the zonal structure of arable land should be expanded to 6-8%.

**Keywords:** agrotechnology, spring wheat, forecrop, fertility, agrophytocenosis, yield, grain quality.

### Введение

Горох – один из ценных источников дешевого растительного белка (26-30%), с каждого гектара посева он продуцирует белка в 1,5-2,5 раза больше, чем наиболее распространенные в регионе злаковые культуры. В расчете на кормовую единицу горох содержит более 160 г. переваримого протеина, овес – 83, ячмень – 70, кукуруза – 59, при зоотехническом корме 110-120. Горох – более скороспелая культура в Сибири и созревает, как правило, с 25 июля по 15-20 августа. В Омской области горох, в зависимости от гидротермических условий и сорта, имеет продолжительность вегетации от 60 до 85 суток.

В условиях интенсификации зернового производства существенно возрастает ценность зернобобовых, в том числе и гороха, как одного из лучших предшественников для ведущей культуры – яровой пшеницы. Горох эффективно использует последствие удобрений, усваивая фосфор из труднорастворимых соединений, потребность культуры в азоте на 60-70% покрывается за счет азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий. После уборки гороха в почве остается обычно до 30-50 кг азота, поэтому яровая пшеница обеспечивает продуктивность близкую к паровому предшественнику с формированием качественного зерна [1, 2].

Согласно зональным рекомендациям и удовлетворения в качественных кормах, целесообразно размещать посеы зернобобовых культур в степной зоне до 5-7%, южной лесостепи – до 8-10, в северной лесостепи и подтайге до 7-8% к площади пашни. В настоящее время посеы гороха в Омской области составили 146,6 тыс. га или 4,3% от площади пашни, в том числе в южной лесостепной зоне – 61,5 тыс. га или 42% от всей посевной площади культуры. Удельный вес наиболее ценного предшественника – гороха в структуре посевов и урожайность не соответствует потребностям зернового производства региона. Так, в благоприятном по увлажнению 2024 году, продуктивность гороха в Омской области составила только 1,27 т/га, в том числе в южной лесостепи 1,54, в степной зоне – 0,94 т/га, что недостаточно и не соответствует довольно высокому бонитету пашни (68-75 балла) [3].

Невысокий уровень продуктивности и технологических параметров зерна пшеницы яровой в значительной степени определяется не только засушливостью климата зернопроизводящих почвенно-климатических зон региона, но и невысоким качеством предшественников, высоким удельным весом в структуре пашни повторных и бессменных посевов, нарушением зональных севооборотов, ограниченным (до 20 кг/га) применением минеральных удобрений, нарушением агротехнологии [4, 5].

**Цель исследований** – выявить особенности и результативность агротехнологий пшеницы яровой после горохового предшественника в лесостепи Западной Сибири.

### Объекты и методы исследований

Изучение агротехнологий возделывания пшеницы яровой после горохового предшественника проводилось в длительном (с 1972 г.) стационарном опыте в зернопаровом пятипольном севообороте (пар-пшеница-горох-пшеница-ячмень) в лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий Омского АНЦ. Культура гороха введена в севооборот с 2021 года.

Двухфакторный опыт включает 12 вариантов агротехнологий возделывания пшеницы яровой после горохового предшественника. Проведена комплексная сравнительная оценка различных по интенсивности воздействия систем обработки почвы в севообороте, вариантов химизации на элементы плодородия, состояние агрофитоценоза, урожайность и качество зерна. Системы обработки почвы в севообороте (**фактор А**) – отвальная во всех полях севооборота на глубину 20-22 см; комбинированная ресурсосберегающая – чередование вспашки с плоскорезной обработкой на глубину 10-14 см; плоскорезная; минимально-нулевая – в паровом поле культивация на глубину 7-10 см, на других полях – без осенней обработки; **фактор В** – средства химизации, включая контроль, систематическое применение удобрений (NP – 60 кг-га д. в.), рекомендованных гербицидов (декациды + граминициды), инсектициды, фунгициды, биостим и комплексная химизация в рекомендованные для южной лесостепи сроки и нормы.

Агротехника зональная для лесостепной почвенно-климатической зоны, яровую пшеницу среднеспелого районированного сорта Мелодия высевали ПК «Selford» обеспечивающего более равномерное распределение семян по глубине и площади питания. Уборка однофазная «Sampro-130», повторность 4-х кратная.

Предшественником высевался районированной сорт гороха Триумф Сибири с усатым типом листа. Почва – лугово-черноземная с содержанием гумуса до 7,4%, сумма обменных катионов – 32 мг/ экв. на 100 г. почвы с преобладанием катиона кальция (89%) рН (вод.) – 6,8. Наблюдения за состоянием плодородия и агрофитоценоза проводились по общепринятым методикам [6]. Гидротермические условия вегетационного периода были контрастными: 2022 г. – умеренно-засушливый (ГТК – 1,04), 2023 – острозасушливый (ГТК – 0,80) и 2024 – влажный (ГТК – 1,70), что позволило более объективно оценить результативность изучаемых агротехнологий.

### Результаты исследований

При преобладающем экстенсивном земледелии, адаптивный зональный севооборот – основа зернового производства. Установлено, что в засушливой южно-лесостепной зоне повторные посевы яровой пшеницы снижают урожайность на 30-50%, ухудшается качество зерна. Вместе с чистыми и занятыми парами зернобобовые предшественники условно относятся к наиболее ценным, однако их площадь за последние годы сократилась в регионе до 600 тыс. га или только 30% от зерновых, что меньше рекомендованной [7].

В условиях засушливого зернового производства оптимизация водного режима – важнейший фактор и реализация плодородия зональных почв. Горох не относится к засухоустойчивым растениям. Существенный показатель использования почвенно-климатических ресурсов зоны – густота полных всходов пшеницы яровой после посева по зернобобовому предшественнику.

Наблюдения показали, что на контроле (без химизации) наибольшая густота полных всходов пшеницы яровой отмечалась на ежегодной отвальной обработке – 296 шт./м<sup>2</sup> при всхожести 67,8%, на варианте с комплексной химизацией – на плоскорезной обработке почвы – 315 шт./м<sup>2</sup>.

Установлено, что на фоне комплексного применения средств химизации коэффициент водопотребления на 1 т. зерна пшеницы составил в среднем 176,5 мм/г, при более экономном водопотреблении на отвальной обработке почвы – 149 мм/г. Применение комплексной химизации и оптимизация агроэкологических условий возделывания пшеницы способствовала снижению коэффициента водопотребления на формирование 1 т. зерна до 85,8 мм/г или меньше в 2,1 раза, при более экономном водопотреблении на плоскорезной обработке – 81 мм/г или меньше чем на минимально-нулевой на 11 мм (12%).

За последние 30 лет в регионе, при повсеместном снижении плодородия зональных почв, отмечается ухудшение азотного режима, что вызывает необходимость повышения удельного веса качественных паров в структуре пашни (до 14-18%) и осенней обработки почвы. Более высокий дефицит азота проявляется по непаровым предшественникам, что вызывает необходимость использовать ресурсы потенциального плодородия зональных почв лесостепных агроландшафтов. Так, многолетние (более 25 лет) исследования ЦАС «Омский» показали, что содержание нитратного азота в паровом поле составляет до 135 кг/га, на второй культуре – 60, третьей – 45 и бессменных посевах пшеницы только 38 кг/га или в 3,6 раза меньше, после зернобобовых культур, (горох, соя) содержание N-NO<sub>3</sub> в слое 0-40 см составляет обычно 8-14 мг/кг, что в 1,5 раза выше, чем на повторных посевах пшеницы яровой [8, 9]. Наблюдения за питательным режимом показали заметные различия по вариантам обработки почвы после горохового предшественника (табл. 1).

**Содержание элементов питания на пшенице яровой после горохового предшественника в зависимости от системы обработки почвы, мг/кг (n=3)**

| Срок определения | Система обработки почвы в севообороте | N-NO <sub>3</sub> |       |      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|------------------|---------------------------------------|-------------------|-------|------|-------------------------------|------------------|
|                  |                                       | слой почвы, см    |       |      |                               |                  |
|                  |                                       | 0-20              | 20-40 | 0-40 | 0-20                          | 0-20             |
| Посев            | Отвальная                             | 15,2              | 12,0  | 13,6 | 210                           | 234              |
|                  | Комбинированная                       | 5,7               | 5,4   | 5,6  | 245                           | 309              |
|                  | Плоскорезная                          | 6,8               | 4,9   | 5,8  | 226                           | 286              |
|                  | Минимально-нулевая                    | 6,8               | 5,6   | 6,2  | 263                           | 268              |
| Уборка           | Отвальная                             | 11,0              | 10,7  | 10,8 | 275                           | 236              |
|                  | Комбинированная                       | 3,1               | 1,6   | 2,4  | 248                           | 247              |
|                  | Плоскорезная                          | 2,6               | 2,4   | 2,5  | 274                           | 236              |
|                  | Минимально-нулевая                    | 2,4               | 1,8   | 2,1  | 266                           | 283              |

Установлено, что к посеву пшеницы яровой содержание нитратного азота в слое 0-40 см лишь на отвальной обработке было в пределах средней обеспеченности (13,6 мг/кг), на почвозащитных обработках было низким (5,6-6,2 мг/кг). Данная закономерность при общем снижении в 1,3-3,0 раза, сохранилась до уборки пшеницы. Содержание подвижного фосфора, при систематическом внесении азотно-фосфорных удобрений на варианте комплексной химизации, оставалось очень высоким (по Чирикову) – 210-263 мг/кг с преимуществом на почвозащитных вариантах обработки почвы.

В связи с высоким выносом продукции, без внесения калийных удобрений, содержание K<sub>2</sub>O в верхнем слое имело тенденцию снижения, при очень высокой обеспеченности в верхнем слое лугово-черноземной почвы – 234-309 мг/кг, причем на почвозащитных обработках обеспеченность подвижным калием относительно вспашки возрастает в среднем на 8-23 %.

Ежегодные потери зерна только в Омской области от повышенной засоренности посевов достигают до 25-30% или более 500 тыс. тонн. Установлено, что в зернопаровых полевых севооборотах при удалении пшеницы от парового предшественника к замыкающему полю засорённость посевов в южной лесостепи повышается с 12 до 30%, в более засушливой степной зоне с 10 до 25% или в 2,5 раза [10]. Агротехнология возделывания пшеницы яровой после горохового предшественника оказывает заметное влияние на степень и видовой состав засоренности агрофитоценоза (табл. 2).

Установлено, что в целом по агрофонам с применением средств химизации, на пшенице яровой после горохового предшественника, отмечалась устойчивая тенденция от отвальной до минимальной системы обработки почвы снижение биомассы культуры в среднем с 1824 до 1490 г/м<sup>2</sup> (на 18,3%), нарастания численности (с 48 до 98 шт./м<sup>2</sup>), биомассы сорняков (от 127 до 157 г/м<sup>2</sup>) и удельной биомассы сорного компонента в агрофитоценозе – 7,0-9,3% в основном за счет мятликовых. Применение гербицидов и комплексной химизации способствовало нарастанию биомассы культуры в среднем с 1449 до 1742-1866 г/м<sup>2</sup> (на 20,2-28,8%) и подавлению сорняков в посевах с 17,2 до 2,8-4,0% или в 4,3-6,1 раза, что во многом оказало влияние на продуктивность пшеницы.

Наблюдения показали, что в лесостепной зоне Западной Сибири на минимальных почвозащитных обработках с сохранением стерни заселенность возбудителем корневой гнили в верхнем слое почвы (*Fusarium avenaceum* Sacc., *F. culmorum* Sacc) повышается на 20-30%, что приводит к снижению урожайности пшеницы яровой при пороге поражения корневой системы растений до 5%, отмечаются изменения в поведении почвенной биоты [10, 11, 12].

Наблюдения показали, что существенных различий между системами обработки почвы не отмечено (до 6,9%). Интенсивная агротехнология возделывания пшеницы с применением комплексной химизации способствовали снижению развития инфекции, в среднем по системам обработки почвы, с 5,8 до 3,2-3,4% или в 1,7-1,8 раза, при распространении корневой гнили до 32%.

**Влияние агротехнологий пшеницы яровой после горохового предшественника на засоренность агрофитоценоза, 2022-2024 гг.**

| Химизация (фактор А)     | Обработка почвы (фактор В) | Культура, г/м <sup>2</sup> | Засоренность посевов |                |                       |                  | Биомасса сорняков, % |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|------------------|----------------------|
|                          |                            |                            | Всего                | в том числе:   |                       |                  |                      |
|                          |                            |                            |                      | Мятликовые     | Двудольные малолетние | Корнеотпрысковые |                      |
| Контроль (без химизации) | Отвальная                  | 1452                       | 91/267               | 81/104         | 1/4                   | 9/159            | 15,5                 |
|                          | Комбинированная            | 1623                       | 169/294              | 137/170        | 18/42                 | 14/82            | 15,3                 |
|                          | Плоскорезная               | 1332                       | 152/313              | 119/134        | 14/28                 | 19/151           | 19,0                 |
|                          | Минимальная                | 1390                       | 192/331              | 164/218        | 9/24                  | 19/89            | 19,2                 |
|                          | среднее                    | <b>1449</b>                | <b>151/301</b>       | <b>125/156</b> | <b>11/25</b>          | <b>15/120</b>    | <b>17,2</b>          |
| Гербициды                | Отвальная                  | 1972                       | 28/40                | 27/34          | 1/6                   | 0/0              | 2,0                  |
|                          | Комбинированная            | 1789                       | 31/51                | 21/33          | 7/9                   | 3/11             | 2,8                  |
|                          | Плоскорезная               | 1667                       | 51/32                | 40/27          | 10/4                  | 1/1              | 1,9                  |
|                          | Минимальная                | 1540                       | 56/78                | 54/62          | 1/2                   | 1/14             | 4,8                  |
|                          | среднее                    | <b>1742</b>                | <b>42/51</b>         | <b>36/39</b>   | <b>5/6</b>            | <b>1/6</b>       | <b>2,8</b>           |
| Комплексная химизация    | Отвальная                  | 2049                       | 25/75                | 23/57          | 1/3                   | 1/15             | 3,5                  |
|                          | Комбинированная            | 1930                       | 33/77                | 28/63          | 4/8                   | 1/6              | 3,8                  |
|                          | плоскорезная               | 1947                       | 42/100               | 36/91          | 6/9                   | 0/0              | 4,9                  |
|                          | Минимальная                | 1539                       | 47/63                | 44/39          | 1/1                   | 2/23             | 3,9                  |
|                          | среднее                    | <b>1866</b>                | <b>36,5/78</b>       | <b>33/62</b>   | <b>3/5</b>            | <b>1/11</b>      | <b>4,0</b>           |

При значительном насыщении полевых севооборотов зерновыми культурами (до 70-80%), устойчивость агроценозов к листостеблевым болезням ограничена, они подвержены сукцессионным процессам, которые возрастают за последние годы. Так, при слабом, умеренном и повышенном поражении верхних ярусов листьев пшеницы мучнистая роса снижает урожайность соответственно на 5, 10 и 20%, ущерб продуктивности от септориоза возрастает в 1,5-2,0 раза, а от бурой ржавчины – в 2,5-3,0 раза [12].

Установлено, что система обработки почвы в зернопаровом севообороте оказывала незначительное влияние на развитие и распространение листостеблевых инфекций. Средства химизации оказывали существенное влияние на поражение листового аппарата пшеницы. Так, систематическое применение удобрений и гербицидов способствовало усилению поражения растений бурой ржавчиной и септориозом на 14-37%. Обработка посевов пшеницы в фазу «конец трубкования – начало колошения» системным фунгицидом (Титул Дуо – 0,4 л/га) снижало поражение листового аппарата инфекциями в 3,2-5,7 раза, что способствовало росту продуктивности и улучшению качества зерна.

Урожайность пшеницы яровой – интегральный комплексный показатель, определяемый зональной агротехнологией, обработкой почвы, применением средств интенсификации, гидротермическими условиями вегетационного периода и адаптивным сортом.

Наблюдениями установлено, что при экстенсивной агротехнологии урожайность зерна сорта Мелодия после горохового предшественника составила только 1,96 т/га с наибольшей продуктивностью пшеницы на отвальной системе обработки почвы, при комплексной химизации – на ресурсосберегающей плоскорезной – 3,95 т/га (табл. 3).

**Урожайность зерна (т/га) сорта Мелодия после горохового предшественника в зависимости от агротехнологии, 2022-2024 гг.**

| Вариант химизации (фактор В)                           | Система обработки почвы (фактор А) |                 |              |                    | Среднее по химизации (В) НСР <sub>05</sub> – 0,16 т/га |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------|--------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                        | Отвальная                          | Комбинированная | Плоскорезная | Минимально-нулевая |                                                        |
| Контроль (без химизации)                               | 2,29                               | 2,12            | 1,80         | 1,52               | 1,93                                                   |
| Гербициды                                              | 2,66                               | 2,50            | 2,39         | 2,18               | 2,43                                                   |
| Удобрения + гербициды                                  | 3,47                               | 3,31            | 3,39         | 3,01               | 3,30                                                   |
| Удобрения + гербициды + инсектициды                    | 3,80                               | 3,58            | 3,93         | 3,13               | 3,61                                                   |
| Удобрения + гербициды + биостим                        | 3,72                               | 3,61            | 3,66         | 3,11               | 3,52                                                   |
| Удобрения + гербициды + фунгициды                      | 3,92                               | 3,80            | 3,95         | 3,50               | 3,79                                                   |
| Среднее по обработке (А) НСР <sub>05</sub> – 0,16 т/га | 3,31                               | 3,15            | 3,19         | 2,74               | $\bar{x}$ - 3,10                                       |

Выявлено, что долевой вклад компонентов химизации в повышение продуктивности пшеницы яровой после горохового предшественника, не равноценен. Прибавки урожайности зерна проявляются в различной степени и в возрастающей последовательности располагаются в следующем порядке: биостим (0,22 т/га), инсектициды (0,31), фунгициды (0,49), гербициды (0,50), удобрения (0,87), совместное применение удобрений и гербицидов – 1,37 т/га (рис. 1).

В Омской области, которая в 80-е года славилась производством качественного зерна (премия Совета министров СССР в 1982 году), в последние 30 лет наблюдается негативная тенденция снижения его технологических свойств. Так, в 2019-2022 гг. заготовка в регионе зерна пшеницы 3-го класса снизилась до 36-38%, а некачественного 4-5-го повысилась до 55-60%. Основная причина – нарушение в большинстве хозяйств зональных агротехнологий, сокращение площади наиболее качественных предшественников (пары, озимые, зернобобовые, пропашные), снижение применения минеральных удобрений (15-18 кг/га), расширение площади «нулевых» обработок почвы в условиях экстенсивного земледелия, повышенная засоренность и инфицированность агрофитоценоза (Пахотина И. В и др., 2018).

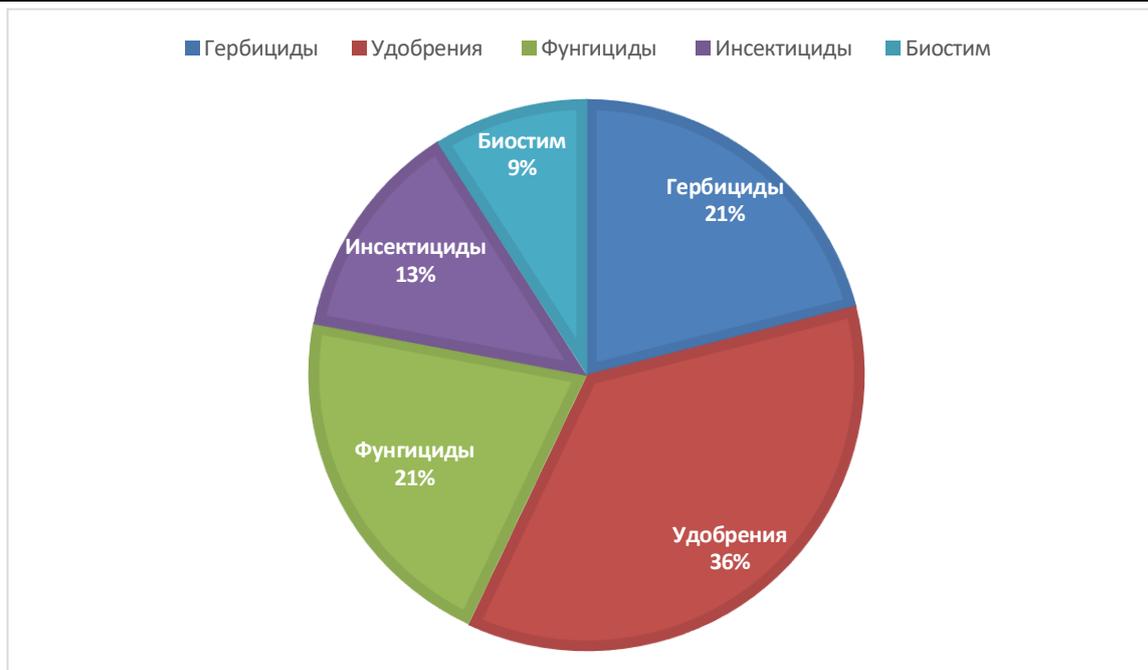


Рис. 1. Долевой вклад факторов химизации в повышение урожайности зерна пшеницы яровой после горохового предшественника (южная лесостепь) 2022-2024 гг.

Установлено, что агротехнология пшеницы яровой после горохового предшественника оказывала заметное влияние на технологические параметры зерна (табл. 4).

Таблица 4

**Технологические свойства зерна пшеницы яровой после горохового предшественника в зависимости от агротехнологий (южная лесостепь)**

| Система обработки почвы (А)                           | Качество зерна      |                        |                 |               |             | Урожайность, т/га |
|-------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------|
|                                                       | Масса 1000 зерен, г | Натуральная масса, г/п | Стекло-видность | Содержание, % |             |                   |
|                                                       |                     |                        |                 | Белок         | Клейковина  |                   |
| <b>Без химизации (контроль)</b>                       |                     |                        |                 |               |             |                   |
| Отвальная                                             | 31,6                | 750                    | 48              | 14,44         | 26,4        | 2,29              |
| Комбинированная                                       | 32,7                | 750                    | 51              | 14,88         | 27,5        | 2,12              |
| Плоскорезная                                          | 30,6                | 748                    | 47              | 13,53         | 27,8        | 1,80              |
| Минимально-нулевая                                    | 31,4                | 746                    | 52              | 14,65         | 28,5        | 1,52              |
| <b>Среднее</b>                                        | <b>31,6</b>         | <b>748</b>             | <b>49,5</b>     | <b>14,38</b>  | <b>27,6</b> | <b>1,93</b>       |
| <b>Комплексная химизация (интенсивная технология)</b> |                     |                        |                 |               |             |                   |
| Отвальная                                             | 34,8                | 744                    | 50              | 16,75         | 31,9        | 3,92              |
| Комбинированная                                       | 35,9                | 735                    | 50              | 15,14         | 26,5        | 3,80              |
| Плоскорезная                                          | 36,0                | 744                    | 49              | 15,53         | 28,5        | 3,95              |
| Минимально-нулевая                                    | 36,0                | 740                    | 51              | 15,38         | 28,3        | 3,50              |
| <b>Среднее</b>                                        | <b>35,7</b>         | <b>741</b>             | <b>50,0</b>     | <b>15,70</b>  | <b>28,8</b> | <b>3,79</b>       |

Так, между системами обработки почвы в севообороте устойчивых закономерностей пока не установлено, при некотором преимуществе на варианте комплексной химизации отвальной обработки по содержанию белка (16,75%) и клейковины (31,9%). Интенсивная агротехнология при совместном применении ограниченных доз удобрений, гербицидов, и фунгицидов способствовало повышению массы 1000 зерен до 35,7 г (на 13%), белковости – до

15,70% (на 9,2%) и клейковины до 28,8% при одновременном росте урожайности почти в 2 раза (3,79 т/га).

### Заключение

Таким образом, в засушливой лесостепной почвенно-климатической зоне Западной Сибири зернобобовые культуры – наиболее ценный предшественник для возделывания пшеницы яровой. Система обработки почвы и интенсивная агротехнология оказывают заметное влияние на полевую всхожесть семян, экономию ограниченных водных ресурсов, питательный режим, степень распространения и видовой состав сорного компонента, инфицированность агрофитоценоза, продуктивность и качество зерна культуры. Комплексное применения средств химизации (удобрения, гербициды, фунгициды) повышало урожайность пшеницы яровой после горохового предшественника с 1,93 до 3,79 т/га при наибольшей продуктивности на ресурсосберегающей плоскорезной обработке почвы – 3,95 т/га.

Прибавки урожайности зерна в возрастающей последовательности располагаются в следующем порядке: биостим (0,49 т/га) – 9%, инсектициды (0,31) – 13%, фунгициды (0,49) – 21%, гербициды (0,50) – 21%, удобрения (0,87) – 36%, совместное применение удобрений и гербицидов – 1,37 т/га.

### Литература

1. Выращивание сортов гороха отечественной и зарубежной селекции в почвенно-климатических условиях Омской области. // Рекомендации. – Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ». – 2023. – 32 с.
2. Юшкевич Л.В. Влияние предшественников и технологии возделывания на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2. – 7 с.
3. Корчагина И.А., Юшкевич Л.В. Сорты пшеницы в интенсивном земледелии Омского Прииртышья. // Монография. ФГБНУ «Омский АНЦ». Омск, – 2023. – 172 с.
4. Федоренко В.Ф., Завалин А.А., Милащенко Н.З. [и др.]. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: М. Росинформагротех. – 2018. – 396 с.
5. Юшкевич Л.В. Тимохин А.Ю. Управление ресурсами влаги в агроландшафтах Омского Прииртышья. // Монография. – Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», – 2024. – 322 с.
6. Торопова Е.Ю. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем. Барнаул. – 2017. – 210 с.
7. Юшкевич Л.В. [и др.]. Эффективность использования агротехнологических приемов возделывания мягкой яровой пшеницы в повышение продуктивности и качества зерна в Омской области // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 7. (122). – С. 26-34.
8. Красницкий В.М. [и др.]. Проблемы почвенного плодородия Омской области. ФГБНУ ЦАС «Омский». Омск, - 2012. - 288 с.
9. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Особенности обработки почвы под яровую пшеницу на черноземах лесостепи Западной Сибири // Земледелие. – 2010. – № 2. – С. 26-28 .
10. Юшкевич Л.В. [и др.]. Влияние агротехнологий на засоренность агрофитоценоза и продуктивность яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Вестник ОмГАУ, – 2021. – №1 (41). – С. 75-84.
11. Торопова Е.Ю. [и др.]. Влияние агротехнологий на здоровье почвы и растений // Достижение науки и техники АПК, – 2014. – №2. – С.44-45.
12. Хамова О.Ф. [и др.]. Влияние агротехнологий на состояние почвенной биоты и продуктивность ячменя в лесостепи Западной Сибири // Земледелие, – 2023. – № 2. – С. 18-23.

### References

1. Cultivation of pea varieties of domestic and foreign breeding in soil and climatic conditions of the Omsk region. Recommendations. Omsk: FSBSI "Omsk ANTS". 2023, 32 p. (In Russian)
2. Yushkevich L.V. Influence of forecrops and cultivation technology on yield and grain quality of spring wheat in the forest-steppe of Western Siberia. *AgroEcoInfo*. 2018, No.2, 7 p. (In Russian)
3. Korchagina I.A., Yushkevich L.V. Wheat varieties in intensive farming of Omsk Priirtyshye.: monograph. FSBSI "Omsk ANTS", Omsk, 2023, 172 p. (In Russian)
4. Fedorenko V.F., Zavalin A.A., Milashchenko N.Z. [et al.]. Scientific bases of high quality wheat grain production: Moscow, Rosinformagrotech, 2018, 396 p. (In Russian)

5. Yushkevich L.V., Timokhin A.Yu. Management of moisture resources in agrolandscapes of the Omsk Priirtyshye region: monograph. Omsk: FSBSI "Omsk ANTS", 2024. 322 p. (In Russian)
6. Toropova E.Y. Phytosanitary diagnostics of agroecosystems. Barnaul. 2017, 210 p. (In Russian)
7. Yushkevich L.V. [et al.]. Effectiveness of agrotechnological methods of soft spring wheat cultivation in increasing productivity and grain quality in the Omsk region. *Bulletin of KrasGAU*. 2021, no.7 (122), pp. 26-34 (In Russian)
8. Krasnitsky V.M. [et al.]. Problems of soil fertility in the Omsk region. FSBSI CAS «Omskij». Omsk, 2012, 288 p. (In Russian)
9. Kholmov V.G., Yushkevich L.V. Features of soil tillage for spring wheat on chernozems of forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie*. 2010, no.2, pp. 26-28. (In Russian)
10. Yushkevich L.V. [et al.]. Influence of agrotechnologies on weediness of agrophytocenosis and productivity of spring wheat in the forest-steppe of Western Siberia, 2021, no.1 (41), pp.75-84 (In Russian)
11. Toropova E.Yu. [et al.]. Impact of agro-technologies on soil and plant health. *Achievement of science and technology of the agro-industrial complex*, 2014, no.2, pp.44-45. (In Russian)
12. Khamova O.F. [et al.]. Impact of agrotechnologies on soil biota and barley productivity in the forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie*, 2023, no.2, pp. 18-23. (In Russian)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ С ОКРАШЕННЫМ КОЛОСОМ

Н.А. СТЕПАНОВА, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0005-5219-143X

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** В данной статье приводятся экспериментальные данные по изучению селекционного материала яровой пшеницы с окрашенным колосом по показателям урожайности, качества зерна. Характерной особенностью современных сортов основных зерновых культур, включая яровую пшеницу, является их способность наиболее полно реализовать свой генетический потенциал в благоприятных погодных условиях. Поэтому считается весьма важным переходить в настоящее время от максимальной урожайности к устойчивому получению высококачественного урожая, за счет их большей приспособленности к конкретным условиям выращивания. Полученные данные за два года исследований показали, что селекционные линии с окрашенным колосом по урожайности не значительно уступали стандарту. По показателям качества зерна все сортообразцы отвечают требованиям для производства муки и крупы. У селекционных линий Мильтурум А 11 и Ферругинеум Б5 урожайность была выше чем у стандарта Дарья. Красная окраска колоса положительно влияла на содержание белка, крахмала и клейковины. По результатам структурного и других анализов впервые выявлены новые селекционные линии с высоким содержанием белка и клейковины: Мильтурум -Л57, Мильтурум 970, Мильтурум Б5 и получен новый оригинальный материал с комплексом положительных признаков для селекции на высокую продуктивность в качестве исходного материала.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, окрашенный колос, урожайность, показатели качества зерна.

**Для цитирования:** Степанова Н.А. Сравнительная оценка селекционного материала пшеницы мягкой яровой с окрашенным колосом. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):148-155. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-148-155

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF BREEDING MATERIAL OF SPRING SOFT WHEAT WITH COLOURED SPIKELET

N.A. Stepanova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** This article provides experimental data on the study of breeding material for spring wheat with colored ears in terms of yield and grain quality. A characteristic feature of modern varieties of major grain crops, including spring wheat, is their ability to most fully realize their genetic potential in favorable weather conditions. Therefore, it is considered very important at present to move from maximum yield to sustainable production of high-quality harvest, due to their greater adaptability to specific growing conditions. The data obtained during two years of research showed that the breeding lines with coloured spikelets were not significantly inferior to the standard in terms of yield. The breeding lines Milturum A 11 and Ferregeneum B5 had higher yields than the Daria standard. Red coloration of the spikelet had a positive effect on protein, starch and gluten content. Based on the results of structural and other analyses, new breeding lines with high protein and gluten content were identified for the first time: Milturum-L57, Milturum 970, Milturum B5 and new original material with a complex of positive traits was obtained for breeding for high productivity as a source material.

**Keywords:** spring soft wheat, colored spikelet, yield, grain quality indicators.

### Введение

Пшеница мягкая яровая – основная продовольственная культура в России. Повышение урожайности и улучшение качества зерна – важнейшие задачи, которые стоят перед селекционерами. Однако в последние годы в стране наблюдается тенденция снижения товарного качества зерна. В настоящее время одним из ключевых факторов решения проблемы эффективного функционирования растениеводства является создание адаптированных сортов, включающих устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам. На долю сорта по различным оценкам приходится до 40 процентов общего роста урожайности важнейших сельскохозяйственных культур. И пшеница мягкая яровая этому не исключение [1]. Успешное создание сортов, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, требует детального изучения морфофизиологических и хозяйственно ценных признаков растений и их взаимодействия в конкретных экологических условиях [2, 5]. Возделываемые в нашей стране в производстве сорта пшеницы мягкой яровой являются преимущественно белоколосыми, относятся к разновидностям *Erythrospermum* (белые, остистые) и *Lutescens* (белые, безостые), что зачастую затрудняет их идентификацию при проведении сортового контроля. Поэтому для производственных условий несомненный интерес представляют красноколосые пшеницы разновидности *Milturum* (красные, безостые) и *Ferrugineum* (красные, остистые). Меньшая распространённость красноколосых пшениц в производстве учёными часто объясняется их недостаточной засухоустойчивостью и, как следствие, невысокими производственными возможностями. Известно также, что значительно повышается частота аллелей, определяющих красную окраску колоса в регионах с недостаточной теплообеспеченностью вегетационного периода [3, 4]. В исследованиях многих ученых выделяется особая роль выявления отдельных морфологических признаков, так как облегчает проведение отбора. Так, наиболее подробно в литературе освещен вопрос о роли остей в формировании продуктивности пшеницы яровой. О роли окраски колоса встречается реже. Из анализа литературных данных следует, что влияние окраски колоса на продуктивность во многом зависит от условий, сложившихся в период вегетации [2, 4]. П.Е. Суднов (1967) и В.А. Воробьева (1975) указывают, что образцы с красным колосом, в отличие от белого колоса, более приспособлены к условиям произрастания при пониженных температурах и высокой влагообеспеченности.

**Цель исследований** – провести сравнительный анализ оценки урожайности и качества зерна пшеницы мягкой яровой с окрашенным колосом.

### Материал и методика

Экспериментальные посеы яровой мягкой пшеницы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – чистый пар. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Микрорельеф участка выровненный. По основным физико-химическим показателям данные почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны.

В конкурсном сортоиспытании общая площадь каждой делянки составляла 8,25 м<sup>2</sup> (ширина 1,65 м x длина 5,0 м). Учетная площадь делянки – 7,5 м<sup>2</sup>. Количество рядков на делянке – 10 шт., ширина междурядий – 15 см, повторность 3-5-кратная. Посев проводился селекционной сеялкой СКС-6-10 (порционный и кассетный варианты). Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Объектами исследований являлись новые селекционные линии, созданные в ФНЦ ЗБК, стандарт - сорт Дарья.

Биохимический состав зерна определяли на приборе Infratec 1241 Grain Fnalizer (Foss, Denmark). Программа WH990226. Математическую обработку данных проводили методами кластерного анализа с использованием компьютерных программ Microsoft office Excel.

Фактически метеоусловия в период получения данных были контрастными (различными). Погодные условия вегетационного периода 2024 г. были засушливыми

(ГТК=0,83), повышенные температуры в июне-июле существенно повлияли на формирование урожая отдельных сортообразцов. Метеоусловия вегетационного периода летом 2023 г. были благоприятными для развития и слабо засушливыми (ГТК=1,01) (табл. 1).

Таблица 1

**Среднемесячные температура воздуха и осадки по месяцам (число дней с осадками) за вегетационные периоды 2023...2024 гг.**

| Год  | Показатель           | Значения показателей по месяцам |        |        |        |        |
|------|----------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|      |                      | Апр.                            | Май    | Июнь   | Июль   | Авг.   |
| 2024 | Температура, °С      | 6,9                             | 13,9   | 19,8   | 22,3   | 20,5   |
|      | Осадки, мм (кол.дн.) | 46(17)                          | 74(20) | 41(14) | 51(9)  | 51(14) |
| 2023 | Температура, °С      | 10,3                            | 12,9   | 17,1   | 19,2   | 20,3   |
|      | Осадки, мм (кол.дн.) | 27(10)                          | 17(8)  | 56(11) | 77(18) | 45(13) |

**Результаты и обсуждение**

Окраска колоса большинством исследователей рассматривается, в основном, как систематический и экологический признак. Урожайность – результирующий показатель многих признаков и свойств сорта любой полевой культуры. Согласно нашим исследованиям урожайность линий пшеницы мягкой яровой с окрашенным колосом в конкурсном сортоиспытании в среднем по опыту в 2023 году составила 7,25 т/га, в 2024 году – 3,75 т/га. По урожайности линии яровой мягкой яровой пшеницы не намного уступали стандарту Дарья, менее 0,6%. Некоторые линии значительно превышали урожайность стандарта Дарья. Так, наиболее высокая урожайность за два года исследований в сравнении со стандартом была отмечена у селекционных линий Ферругинеум Б (6,313 т/га) и Мильтурум А 11 (6,076 т/га) (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность селекционных образцов яровой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании**

| Сорт, линия           | Урожайность, т/га |              |              |
|-----------------------|-------------------|--------------|--------------|
|                       | 2023 г.           | 2024 г.      | Среднее      |
| Дарья                 | 8,167             | 3,941        | 6,054        |
| <b>Мильтурум А 11</b> | <b>8,774</b>      | 3,378        | <b>6,076</b> |
| Мильтурум Б 5         | <b>8,400</b>      | 3,338        | 5,869        |
| Мильтурум Д10         | -                 | <b>4,025</b> | -            |
| Мильтурум 970         | -                 | <b>3,944</b> | -            |
| Мильтурум Д13         | 6,542             | 3,108        | 4,825        |
| <b>Мильтурум Л-57</b> | 6,762             | <b>4,101</b> | 5,431        |
| Мильтурум Ф14         | -                 | <b>3,991</b> |              |
| В.Лис (Шумер)         | 6,929             | <b>4,096</b> | 5,512        |
| (Гр х Л 57) х Бомбона | 6,119             | 3,394        | 4,756        |
| Ферругинеум Б5        | <b>8,400</b>      | <b>4,227</b> | <b>6,313</b> |
| (Гр х Л57) х Корнетто | 6,119             | 2,557        | 4,338        |
| В.Лис феррегинеум     | -                 | 3,734        | -            |
| НСР <sub>05</sub>     | 0,426             | 0,313        | 0,369        |

Качество зерна сортов яровой пшеницы, среди прочих факторов, определяется адаптационными способностями к конкретным агроэкологическим условиям. Для пшеницы важнейшим приоритетом наряду с увеличением потенциальной продуктивности и экологической устойчивости, являются технологические качества зерна - повышенное

содержания белка в зерне. В Орловской области урожайные свойства и качество зерна сортов пшеницы яровой слабо изучены, а зерно сортов пшеницы мягкой часто не отвечают требованиям перерабатывающей промышленности [6, 7].

В связи с этим, расширение посевов сильных и наиболее ценных сортов пшеницы, устойчивых к экстремальным условиям производства, стабильно сохраняющих потенциал продуктивности и качества в условиях региона, является актуальной темой.

По показателям качества зерна все сортообразцы отвечают требованиям для производства муки и крупы. Выявлены новые селекционные линии с высоким содержанием белка (более 15%) и клейковины (более 28%): Мильтурум Л57, Мильтурум 970, Мильтурум Б5. Подтвержден вывод, что селекционные линии пшеницы с окрашенным колосом при равной урожайности формируют более высокое качество зерна. По содержанию крахмала за два года исследований селекционные линии яровой мягкой пшеницы не значительно уступали стандарту сорта Дарья. В 2024 году селекционная линия Мильтурум 970 обеспечила высокий сбор белка с гектара 0,65 т/га. (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели качества селекционных образцов яровой мягкой пшеницы**

| Сорт                  | Белок, %    |             | Крахмал, %  |             | Клейковина, % |             |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
|                       | 2023 г.     | 2024 г.     | 2023 г.     | 2024 г.     | 2023 г.       | 2024 г.     |
| Дарья                 | 13,9        | 14,3        | <b>66,5</b> | <b>64,8</b> | 25,4          | 25,4        |
| <b>Мильтурум А 11</b> | <b>14,4</b> | <b>16,0</b> | 64,9        | 61,2        | <b>25,8</b>   | <b>29,1</b> |
| Мильтурум Б 5         | -           | <b>15,5</b> | -           | 61,3        | -             | 26,4        |
| Мильтурум Д10         | -           | <b>14,8</b> | -           | 62,4        | -             | 25,7        |
| Мильтурум 970         | -           | <b>16,4</b> | -           | 58,8        | -             | 26,5        |
| Мильтурум Д13         | 13,7        | <b>14,9</b> | 63,9        | 59,7        | 22,7          | 23,8        |
| <b>Мильтурум Л-57</b> | <b>16,1</b> | <b>15,2</b> | 63,3        | 63,4        | <b>31,3</b>   | <b>27,8</b> |
| Мильтурум Ф14         | -           | 14,2        | -           | 61,4        | -             | 23,3        |
| <b>В.Лис (Шумер)</b>  | <b>14,1</b> | <b>14,9</b> | 63,4        | 62,6        | 25,5          | 25,7        |
| (ГР х Л 57) х Бомбона | 13,7        | <b>15,0</b> | 64,2        | 59,8        | 23,2          | 24,4        |
| Ферругинеум Б5        | 13,5        | 14,1        | <b>65,5</b> | <b>64,6</b> | 21,0          | 24,2        |
| (Гр х Л57) х Корнетто | 13,7        | 15,4        | 65,4        | 60,6        | 23,5          | 26,5        |
| В.Лис ферреинеум      | -           | 14,6        | -           | 63,1        | -             | 25,4        |
| НСР <sub>05</sub>     | 0,8         | 1,02        | 1,9         | 2,48        | 2,8           | 2,31        |

Следовательно, новые селекционные линии яровой мягкой пшеницы с окрашенным колосом, выращенные в условиях Орловской области, различаются по биохимическим показателям качества зерна, также они не уступают по урожайности и превосходят по качеству зерна сорт стандарт.

Кластерный анализ сортов и селекционных линий пшеницы мягкой яровой по показателям структурного анализа и качества зерна с учетом селекционных индексов позволил сформировать 9 кластеров. Заслуживают внимания кластер № 2, в котором представлены 2 новые селекционные линии разновидности ферругинеум с наиболее продуктивным, хорошо озерненным колосом (49, 4). Кластер № 3 образован линией Мильтурум Д10, уступающей по продуктивности колоса из-за низкой озерненности. Кластеры № 4, № 5 и № 6 близки по урожайности и содержанию белка, но в кластере №4 представлены, в основном, оригинальные линии с высокой продуктивностью колоса, оптимальные по высоте растений и селекционным индексам. В кластеры № 8 и № 9 вошли мелкозёрные сортообразцы, не устойчивые к стрессовым факторам (табл. 4, рис. 1).

**Средние значения анализируемых параметров сортов и селекционных линий пшеницы мягкой яровой, вошедшие в кластеры в 2023-2024 гг.**

| № кластера | Варианты, вошедшие в кластер                                                                         | Урожайность, т/га | Высота растения, см | Кустистость, шт, | Длина колоса, см | Число зерен в колосе, шт, | Масса зерна с колоса, г | Масса 1000 семян, г | Содержание белка, % | Содержание крахмала, % |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| 1          | Арабелла, Ликамеро                                                                                   | 4,755             | 74,8                | 2,2              | 6,7              | 35,2                      | 1,21                    | 34,3                | 13,7                | 66,5                   |
| 2          | Шумер фер ВЛис, Ферругинеум Б5                                                                       | 4,162             | 82,8                | 1,9              | 8,6              | 49,40                     | 1,78                    | 36,0                | 14,5                | 63,6                   |
| 3          | Мильтурум Д 10                                                                                       | 4,025             | 73,2                | 1,8              | 7,1              | 25,9                      | 0,89                    | 34,1                | 14,8                | 62,4                   |
| 4          | Лютесценс ГрЛ, ЛютесценсЕ9, Мильтурум 970, Мильтурум Д22, Гранова                                    | 3,792             | 75,0                | 1,9              | 9,1              | 48,7                      | 1,36                    | 28,1                | 14,6                | 62,1                   |
| 5          | Одета, Шумер3, Мил А11 (бел) Л57, П.Коновалова, ПК*Л57, Гранни                                       | 3,739             | 77,8                | 1,6              | 8,0              | 33,8                      | 1,13                    | 33,8                | 14,7                | 63,1                   |
| 6          | Токката, Дарья, Д 22 лют, Мильтурум Ф 14, Бомбона, Корнетто, Эритро А10, Эритро Г4, Ферругинеум ВЛис | 3,717             | 79,4                | 2,2              | 7,8              | 37,3                      | 1,03                    | 27,9                | 14,3                | 63,6                   |
| 7          | Ураликум Б2                                                                                          | 3,500             | 72,5                | 2,1              | 7,1              | 32,2                      | 0,63                    | 19,5                | 18,0                | 57,0                   |
| 8          | ШУМЕР 7                                                                                              | 3,396             | 70,2                | 1,5              | 7,8              | 33,6                      | 0,77                    | 23,0                | 14,3                | 60,8                   |
| 9          | Мильтурум Б5, Мильтурум Д13                                                                          | 3,223             | 68,5                | 3,0              | 8,6              | 42,3                      | 1,13                    | 26,8                | 15,2                | 60,5                   |

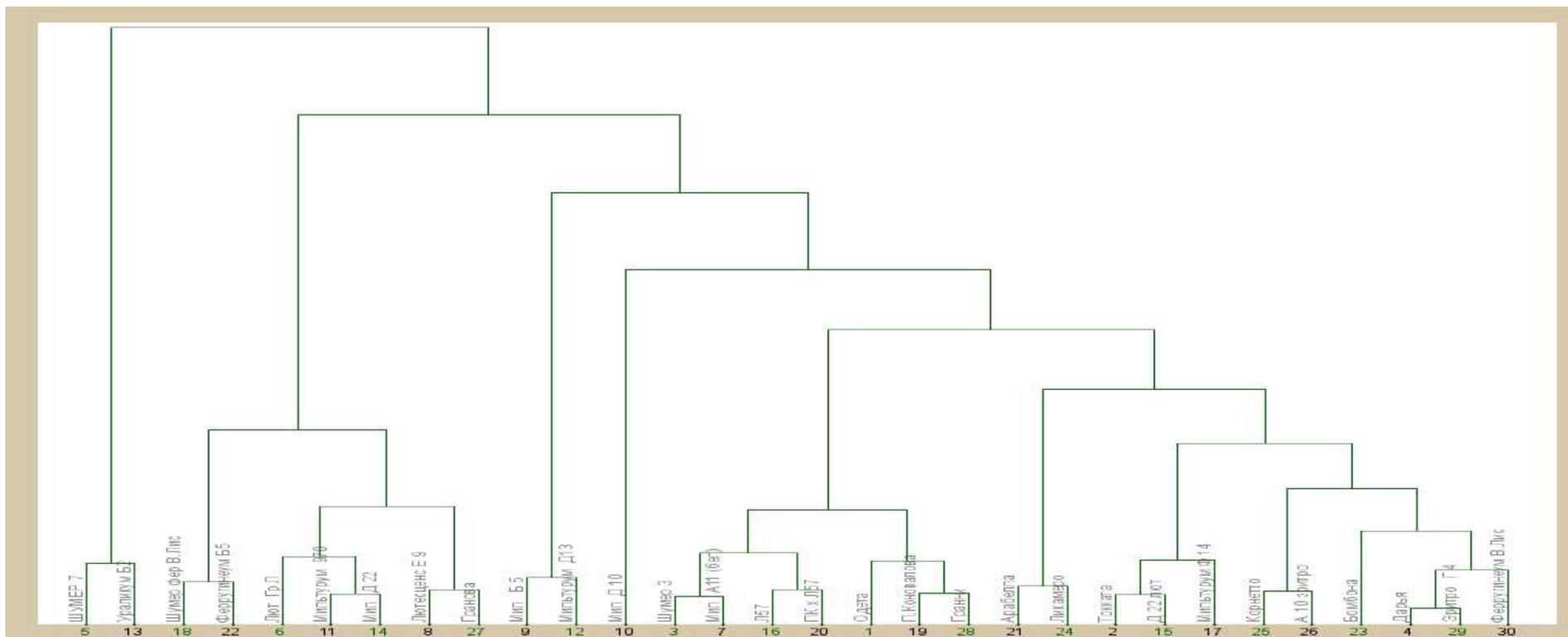


Рис. 1 Дендрограмма кластеризации селекционных образцов пшеницы мягкой яровой за 2023-2024 гг.

По результатам структурного анализа и показателям качества зерна впервые выявлены новые селекционные линии с высоким содержанием белка и клейковины: Мильтурум -Л57, Мильтурум 970, Мильтурум Б5, получен новый оригинальный материал с комплексом положительных признаков для селекции на высокую продуктивность в качестве исходного материала.

#### **Заключение**

Полученные данные за два года исследований показали, что селекционные линии с окрашенным колосом по урожайности незначительно уступали стандарту. У селекционных линий Мильтурум А 11 и Феррегенеум Б5 урожайность была выше, чем у стандарта Дарья. Красная окраска колоса положительно влияла на содержание белка, крахмала и клейковины. По показателям качества зерна стандарт уступал селекционным линиям с окрашенным колосом. Были выявлены новые селекционные линии с высоким содержанием белка (более 15%) и клейковины (более 28%): Мильтурум -Л57, Мильтурум 970, Мильтурум Б5.

Изучение селекционных линий пшеницы мягкой яровой с окрашенным колосом, позволяет с достаточной точностью определить роль данного признака в формировании урожайности и качества зерна. Полученные результаты можно использовать при создании моделей сорта и непосредственно в селекционном процессе.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FGZZ-2024-0003 Цифровое фенотипирование зерновых и крупяных культур в селекционном процессе на высокую продуктивность и качество).*

#### **Литература**

1. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Яндубайкин Е.Е. Сравнительная оценка яровой мягкой пшеницы по показателям урожайности и качества зерна / Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума НАУКА И ИННОВАЦИИ – СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ – 2024. – Москва: Издательство Инфинити – 125 с. ISBN 978-5-905695-78-0
2. Сидоров А. В., Влияние окраски колоса на урожай и качество зерна яровой пшеницы. // Вестник Красноярского ГАУ. – 2014. – № 1(88). – С. 69-72. – EDN RXKRUH.
3. Хлесткина Е. К. Гены, детерминирующие окраску различных органов пшеницы. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 202-216.
4. Никитина В. И., Громова Е.М. Влияние морфологических признаков колоса и зерна на урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях Красноярской лесостепи. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2009. – № 3 (16). – С. 99-102. – EDN KYUFOL.
5. Степанова Н. А. Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 2 (46). – С. 107-116. – DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116. – EDN WYBVMP.
6. Казарцева А.Т., Шеуджен А.Х., Нещадим Н.Н. Эколого-генетические и агрохимические основы повышения качества зерна. Майкоп – 2004. – 159 с.
7. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Павловская Н.Е., Мальчиков П.Н., Костромичева Е.В., Гагарина И.Н., Костромичева В.А. Перспективы выращивания новых сортов твёрдой пшеницы в условиях Орловской области. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 2 (14). – С. 52-58.

#### **References**

1. Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Yandubaikin E.E. Comparative evaluation of spring soft wheat by indicators of yield and grain quality. Collection of scientific articles on the results of the International Scientific Forum SCIENCE AND INNOVATION - MODERN CONCEPTS, 2024, Moscow: Infiniti Publ., 125 p. ISBN 978-5-905695-78-0
2. Sidorov A.V. Influence of ear colour on yield and grain quality of spring wheat. *Vestnik Krasnoyarskii GAU*, 2014, no. 1(88), pp. 69-72. - EDN RXKRUH.

3. Khlestkina E.K. Genes determining the colouration of different organs of wheat. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*. 2012. Vol. 16, no. 1, pp. 202-216.
4. Nikitina V. I., Gromova E.M. Vliyanie morfologicheskikh priznakov kolosa i zerna na urozhainost' yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Krasnoyarskoi lesostepi. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova*. 2009, no. 3(16), pp. 99-102, EDN KYUFOL.
5. Stepanova N. A. Cluster analysis of varieties and breeding lines of spring soft wheat in terms of structural analysis and grain quality indicators. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no. 2(46), pp. 107-116. DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116. EDN WYBVMP
6. Kazartseva A.T., Sheudzhen A.Kh., Neshchadim N.N. Ecological, genetic and agrochemical bases for improving grain quality. Maikop, 2004, 159 p.
7. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Pavlovskaya N.E., Mal'chikov P.N., Kostromicheva E.V., Gagarina I.N., Kostromicheva V.A. Prospects of growing new varieties of durum wheat in the conditions of the Orel region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, no. 2 (14), pp. 52-58.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА И СЕЛЕКЦИОННЫЕ ЛИНИИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

**М.А. ШАПОРОВА**, аспирант, ORCID ID: 0009-0004-9928-2868

**Ж.В. СТАРИКОВА**, научный сотрудник

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

**А.А. МАЛЬЦЕВ**

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В данной статье изложены результаты двухлетнего сортоиспытания перспективных сортов и селекционных линий пшеницы мягкой озимой, полученных в ФНЦ ЗБК и других селекционных центрах. Полученные результаты показывают, что перспективные сорта и селекционные линии не уступают районированному сорту стандарту Скипетр, а некоторые и превышают его по многим показателям. Достоинствами пшеницы мягкой озимой так же является высокая устойчивость к полеганию и высокий балл перезимовки. Высокий балл перезимовки отмечен у многих сортов и сортообразцов. В результате проведенных исследований получены новые знания об урожайности, продуктивности колоса, биохимических показателях зерна пшеницы мягкой озимой. В рамках изучения двухлетних данных, можно выделить, что все сорта устойчивы к полеганию. Заслуживают внимания сорта: Немчиновская 85, Московская 39, Междуреченка, Семен, Безостая 100 и селекционные линии Ферругинеум Ж1, Лютесценс, Мильтурум АФ17, Лебединая 17. Большинство сортообразцов имели продовольственное зерно, соответствующее требованиям второго и третьего класса. Лучшие показатели содержания белка и клейковины в зерне выявлены у сортов и сортообразцов: Немчиновская 85, Московская 39, Александра, Междуреченка и селекционных линий: Ферругинеум Ж1, Лебединая 17, Ферругинеум Г6 и нового сорта Аквамарин.*

**Ключевые слова:** перезимовка, пшеница мягкая озимая, урожайность, высота растений, масса 1000 зерен, устойчивость к полеганию, клейковина, крахмал, белок.

**Для цитирования:** Шапорова М.А., Старикова Ж.В., Мальцев А.А. Перспективные сорта и селекционные линии пшеницы мягкой озимой в Центральной России. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):156-162. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-156-162

## PROMISING VARIETIES AND BREEDING LINES OF WINTER SOFT WHEAT FOR CENTRAL RUSSIA

**M.A. Shaporova, Zh.V. Starikova, V.S. Sidorenko, A.A. Maltsev**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract:** This article presents the results of a two-year variety testing of promising varieties and breeding lines of winter soft wheat obtained at the FSC of Legumes and Groat Crops. The presented results show that promising varieties and breeding lines are not inferior to the zoned variety of the Scepter standard, and some exceed it in many respects. The advantages of winter soft wheat are also high resistance to lodging and a high wintering score. A high overwintering score was noted in many varieties and varieties. As a result of the conducted research, new knowledge was obtained about the yield, productivity of the ear, and biochemical parameters of winter soft wheat grain. As part of the study of two-year data, it can be highlighted that all varieties are resistant to lodging. Varieties deserve attention: Nemchinovskaya 85, Moskovskaya 39, Mezhdurechenka,*

*Semyon, Bezostaya 100 and breeding lines Ferrugineum Z1. Lutescens, Milturum AF17, Lebedinaya 17. Most of the cultivars had food grains meeting the requirements of the second and third class. The best indicators of protein and gluten content in grain were found in varieties and varieties: Nemchinovskaya 85, Moskovskaya 39, Alexandra, Mezhdurechenka and breeding lines: Ferrugineum J1, Lebedinaya 17, Ferrugineum G6 as well as a new variety Aquamarine.*

**Keywords:** overwintering, winter soft wheat, yield, plant height, weight of 1000 grains, lodging resistance, gluten, starch, protein.

### Введение

Современная стратегия селекционных программ, в том числе по пшенице мягкой озимой, базируется на необходимости неуклонного повышения урожайности, ускорении селекции на экологическую адаптацию в отдельных регионах, иммунитет и создание сортов, эффективно использующих минеральные удобрения [1, 2].

Среди зерновых культур особое место в современном растениеводстве занимает пшеница мягкая озимая, которая принадлежит к числу наиболее ценных и высокопродуктивных полевых культур. Зерно пшеницы используется для продовольственных целей в хлебопечении и кондитерской промышленности, а также для производства крупы, муки и других продуктов. Отходы мукомольного производства - пшеничные отруби являются ценным кормом для всех видов сельскохозяйственных животных [3]. Современные сорта пшеницы озимой обладают высоким потенциалом продуктивности [4].

**Цель исследований** – выявить морфобиологические и биохимические особенности перспективных образцов пшеницы мягкой озимой, полученных с использованием исходного материала различного эколого-географического происхождения, создание новых сортов, обладающих высокой потенциальной урожайностью и хорошим качеством зерна.

В процессе селекционной работы необходимо решение следующих задач:

- расширение генотипического разнообразия исходного селекционного материала на основе фундаментальных и поисковых исследований;
- повышение урожайности, зимостойкости, устойчивости к полеганию;
- улучшение качества продукции – повышенное содержание белка и клейковины, высокие хлебопекарные показатели, высокие крупяные достоинства.

### Материал и методика

Объектом исследований служили сорта и селекционные линии пшеницы мягкой озимой, созданные в ФНЦ ЗБК и других селекционных центрах. Стандарт для региона сорт Скипетр (табл. 1). Опыты проведены в 2023-2024 гг.

Полевые исследования выполнены на базе селекционного севооборота ФНЦ ЗБК согласно Методическим рекомендациям ФГБУ «Госсорткомиссия» (1985). Предшественник – чистый пар. Почвы – темно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Пахотный слой имеет среднекислую реакцию почвенного раствора, среднее содержание гумуса, повышенное подвижного фосфора для данного типа почв, среднюю обеспеченность обменным калием. Микрорельеф участка выровненный. По основным физико-химическим показателям данные почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны. Пахотный и метровый слои почвы характеризуются высокой водоудерживающей способностью (118 и 345 мм, соответственно). Возможные запасы доступной растениям влаги в слое 0...30 см – 88 мм, а в метровом – 262 мм. Максимальная гигроскопическая влажность: 6,8 – 7,5% от массы почвы, влажность устойчивого завядания: 9,6-13,3%.

В конкурсном сортоиспытании (КСИ) общая площадь каждой делянки составляла 8,25 м<sup>2</sup> (ширина 1,65 м x длина 5,0 м). Учетная площадь делянки 7,5 м<sup>2</sup>. Количество рядков на делянке – 10 шт., ширина междурядий – 15 см. Размещение делянок в опыте рендомизированное и парное, повторность 3-5-кратная. Перед посевом внесена азофоска (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>) в количестве 150 кг/га. Посев проводился селекционной сеялкой СКС-6-10 (порционный и кассетный варианты). Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Уборка

в 2023 году - в фазу полного созревания селекционным малогабаритным комбайном *SAMPO-130*. В 2024 году уборка проводилась на новом комбайне Винтерштайгер 130.

### Результаты и обсуждения

**Урожайность** в 2023 году сортообразцов пшеницы мягкой озимой в среднем по опыту составила 7,76 т/га, что на 0,29 т/га выше, чем в 2022 г. (7,47 т/га). В 2023 году высокая урожайность 8,813 т/га отмечена у нового сорта Памяти Каткова (Лютесценс № 16), что на 0,955 т/га выше урожайности стандартного сорта Скипетр при НСР<sub>05</sub> 0,585 т/га, в 2024 году урожайность нового сорта – 4,654 т/га, что уже меньше урожайности стандарта. Хорошую урожайность так же показал сорт, переданный на Государственное сортоиспытание в 2024 году Аквамарин – 8,766 т/га и селекционные линии: Лютесценс 141 (8,556 т/га), Лютесценс 132-15 (8,182 т/га), Лебединая 17 (8,436 т/га) (табл. 1).

Наиболее высокая урожайность пшеницы мягкой озимой в зачетном весе при влажности зерна 14% в 2024 году отмечена у сортообразцов лют. № 132-15 - 6,074 т/га, Немчиновская 85 – 6,061 т/га, Александра – 6,044 т/га, что на 0,483 т/га выше стандарта сорта Скипетр при НСР<sub>05</sub>=0,361 т/га (табл. 1)

Таблица 1

### Урожайность пшеницы мягкой озимой, КСИ, т/га.

| Сорт, линия                  | НИУ оригинаторы                                    | 2023  | 2024  | Среднее |
|------------------------------|----------------------------------------------------|-------|-------|---------|
| Тимирязевская юбилейная      | ТСХА                                               | 7,944 | 5,417 | 6,681   |
| Немчиновская 85              | ФИЦ "НЕМЧИНОВКА"                                   | 7,329 | 6,061 | 6,695   |
| Московская 39                | ФИЦ "НЕМЧИНОВКА"                                   | 7,305 | 5,303 | 6,304   |
| Междуреченка                 | ООО 'АГРОПРОДУКТ 16'                               | 6,678 | 5,764 | 6,221   |
| Лебединая 17                 | ФНЦ ЗБК                                            | 8,436 | 3,781 | 6,109   |
| Ферругинеум Г6               | ФНЦ ЗБК                                            | 7,756 | 3,442 | 4,88    |
| Ферругинеум Ж1               | ФНЦ ЗБК                                            | 7,325 | 3,438 | 4,734   |
| Скипетр (стандарт)           | ПОЛЕТАЕВ Г.М.<br>ООО "ЭКОНИВА-СЕМЕНА"              | 7,858 | 5,578 | 6,718   |
| Памяти Каткова №16           | ФНЦ ЗБК                                            | 8,813 | 4,654 | 6,734   |
| Зуша                         | ФНЦ ЗБК                                            | 8,268 | 4,62  | 6,444   |
| Орловская 32                 | ФНЦ ЗБК                                            | 7,318 | 5,313 | 6,316   |
| Семён                        | ООО "АСТ" Курск                                    | 7,899 | 5,094 | 6,497   |
| Безостая 100                 | Национальный центр зерна<br>имени П.П. ЛУКЬЯНЕНКО' | 6,486 | 5,321 | 5,904   |
| Александра                   | ТСХА                                               | 6,95  | 6,044 | 6,497   |
| Лютесценс №132-15            | ФНЦ ЗБК                                            | 8,182 | 6,074 | 7,128   |
| Лютесценс №141               | ФНЦ ЗБК                                            | 8,556 | 4,655 | 6,606   |
| Тимирязевская одностебельная | ТСХА                                               | 7,699 | 4,165 | 5,932   |
| Аквамарин                    | ФНЦ ЗБК                                            | 8,776 | 4,015 | 6,396   |
| Мильтурум АФ17 д17/1         | ФНЦ ЗБК                                            | 8,122 | 4,5   | 6,311   |
| НСР <sub>05</sub>            |                                                    | 0,585 | 0,361 |         |

**Перезимовка.** Состояние озимых весной после перезимовки оценивали по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989 г.) в пятибалльной системе: 5 баллов – изреживание незаметно; 4 балла – сохранилось не менее 70...80%

растений; 3 балла – сохранилось около 50% растений; 2 балла – сохранилось менее 50% растений; 1 балл – сохранилось 15-20% растений. Сплошную гибель растений оценивают баллом 0 [5]. В 2023 году наиболее высокий балл перезимовки (5 баллов) отмечен у 4 сортообразцов (Лебединая 17, Ферругинеум Г6, Лютесценс №141, Мильтурум АФ14 17/1) и 5 сортов – Тимирязевская юбилейная, Немчиновская 85, Московская 39, Тимирязевская одностебельная, Аквамарин. В 2024 году перезимовка на высоком уровне была у большинства сортов и селекционных линий (табл. 2).

**Качество зерна.** В соответствии с ГОСТ 5393-2016 ограничительными нормами для зерна мягкой пшеницы 2-го класса являются: доля белка не менее 13,5%, количество клейковины не менее 28,0%. В 2023 году максимальные показатели: белок 16,4%, клейковина 31,3% зафиксированы у линии Ферругинеум Ж1 при урожайности 7,3 т/га. Так же с высоким содержанием белка (15% и более) и клейковины (более 28%) следует отметить сорта: Немчиновская 85, Московская 39, Аквамарин и селекционные линии Лебединая 17, Ферругинеум Г6, Лютесценс №132-15, Лютесценс №141, Мильтурум АФ17 д.17/1.

По содержанию крахмала более 68% выделена линия Лютесценс №141 и сорт Тимирязевская одностебельная (табл. 2). В 2024 году по содержанию белка можно выделить селекционные линии Ферругинеум Ж1 – 16,4%, Мильтурум АФ 17. В 2023-24 годах у большинства сортов и селекционных линий белок превышал более 13,5%.

По содержанию клейковины в 2024 году можно выделить сорта: Московская 39 (30,5%), Аквамарин (28,6%) и селекционные линии Лютесценс №132-15, Мильтурум АФ17 (32%). По результатам анализа в 2023-24 гг. большинство сортообразцов имели продовольственное зерно соответствующее требованиям второго и третьего класса.

**Масса 1000 зерен** характеризует величину зерна, его размер. Чем крупнее зерно, тем больше масса 1000 зерен. Тем самым можно сделать вывод, что урожайность находится в некоторой зависимости от массы 1000 зерен. У многих сортов наблюдалось высокая масса 1000 зерен, превышающая 38 гр. Выявлены сорта и селекционные линии с массой 1000 зерен, опережающие стандарт (Скипетр): Немчиновская 85; Московская 39; Междуреченка, Семен, Безостая 100, новый сорт Аквамарин; селекционная линия Мильтурум АФ17 (табл. 2).

**Устойчивость к полеганию.** Признак полегание оказывает существенное влияние на снижение урожайности и качества зерна пшеницы мягкой озимой. Устойчивость этой культуры к полеганию во многом зависит от факторов внешней среды, биологических и морфологических особенностей стебля.

Устойчивость к полеганию в среднем за два года изучения варьировалась (по 5 бальной шкале) от 5 до 2. Следует отметить, что средний балл составил 4. Как отмечено ранее, что на полегание оказывает влияние не только высота растений, но и прочность соломины [4]. Так, можно отметить, что селекционная линия Мильтурум А\*Ф17 и сорт Московская 39 в среднем за два года изучений устойчивость к полеганию была высокой на уровне 4+ баллов.

В среднем за два года длина стебля колебалась от 71,3см у сорта Памяти Каткова до 124 см у среднепоздних линий разновидности Мильтурум. У стандарта Скипетр длина стебля составила 90-97,3 см. Выявлены короткостебельные сорта и селекционные линии: Тимирязевская юбилейная, Александра, Памяти Каткова, Ферругинеум Г6, Ферругинеум Ж1 устойчивые к полеганию (рис. 1).

Таблица 2

**Основные показатели качества пшеницы мягкой озимой, КСИ**

| Сорт, линия                  | Перезимовка, балл |      | Масса 1000 зерен |      | Белок, % |      | Клейковина, % |       | Крахмал, % |      |
|------------------------------|-------------------|------|------------------|------|----------|------|---------------|-------|------------|------|
|                              | 2023              | 2024 | 2023             | 2024 | 2023     | 2024 | 2023          | 2024  | 2023       | 2024 |
| Тимирязевская юбилейная      | 5-                | 4+   | 41,1             | 38,4 | 12,3     | 12,4 | 18,7          | 20    | 66,4       | 68,3 |
| Немчиновская 85              | 5-                | 5    | 46,1             | 39,6 | 15,4     | 13,7 | 28,6          | 24,7  | 65,3       | 65,8 |
| Московская 39                | 5-                | 4+   | 48,7             | 40,2 | 15,9     | 15,7 | 30,4          | 30,5  | 65,1       | 64   |
| Междуреченка                 | 4+                | 4-   | 47,1             | 34,7 | 14,3     | 13,9 | 25,1          | 24,5  | 66         | 65   |
| Лебединая 17                 | 5                 | 5-   | 41,4             | 31,3 | 14,6     | 14   | 26,6          | 24,5  | 66,2       | 64,1 |
| Ферругинеум Г6               | 5-                | 5    | 42,8             | 19,7 | 14,6     | 14,6 | 26,9          | 27,1  | 65,1       | 63,8 |
| Ферругинеум Ж1               | 4+                | 5    | 40,6             | 23,6 | 16,4     | 16,4 | 31,3          | 32    | 64,1       | 62,3 |
| Скипетр                      | 4                 | 5-   | 46               | 42,9 | 13,5     | 13,2 | 23,5          | 22,75 | 67         | 65,6 |
| Памяти Каткова №16           | 4-                | 5    | 35,3             | 31,3 | 12,4     | 13,9 | 19,2          | 23,8  | 67,7       | 64,1 |
| Зуша                         | 4                 | 5    | 41,8             | 37   | 12,7     | 13,9 | 20,1          | 23,7  | 67,4       | 64,5 |
| Орловская 32                 | 4                 | 5    | 40,4             | 30,2 | 13,9     | 14,4 | 22,9          | 25,8  | 65,3       | 64,3 |
| Семён                        | 4-                | 5-   | 46,2             | 28,7 | 13,1     | 13,9 | 21,2          | 24,3  | 67,7       | 64,7 |
| Безостая 100                 | 4+                | 5-   | 48,3             | 38,4 | 14,3     | 14,2 | 24,4          | 25,9  | 65,1       | 65,1 |
| Александра                   | 3+                | 5    | 43,7             | 36,9 | 13,3     | 14,7 | 21            | 26    | 66         | 64,3 |
| Лютесценс №132-15            | 4+                | 5    | 38               | 29,2 | 14,6     | 15,4 | 26,1          | 28,7  | 66         | 64,2 |
| Лютесценс №141               | 5                 | 5-   | 39               | 28,6 | 13,5     | 14,2 | 24,4          | 25,6  | 68,2       | 64,6 |
| Тимирязевская одностебельная | 5                 | 5    | 35,1             | 28,2 | 12,3     | 14   | 19,1          | 24,1  | 68,2       | 64,5 |
| Аквамарин                    | 5-                | 5    | 53,1             | 26,1 | 15       | 15,1 | 29            | 28,6  | 67,5       | 63,2 |
| Мильтурум АФ17 д17/1         | 5-                | 4+   | 48,1             | 38,4 | 14,8     | 16,4 | 28,2          | 32    | 67,1       | 65,4 |
| НСР05                        |                   |      | 5,1              | 5,7  | 1,0      | 0,9  | 3,5           | 2,8   | 1,2        | 1,3  |

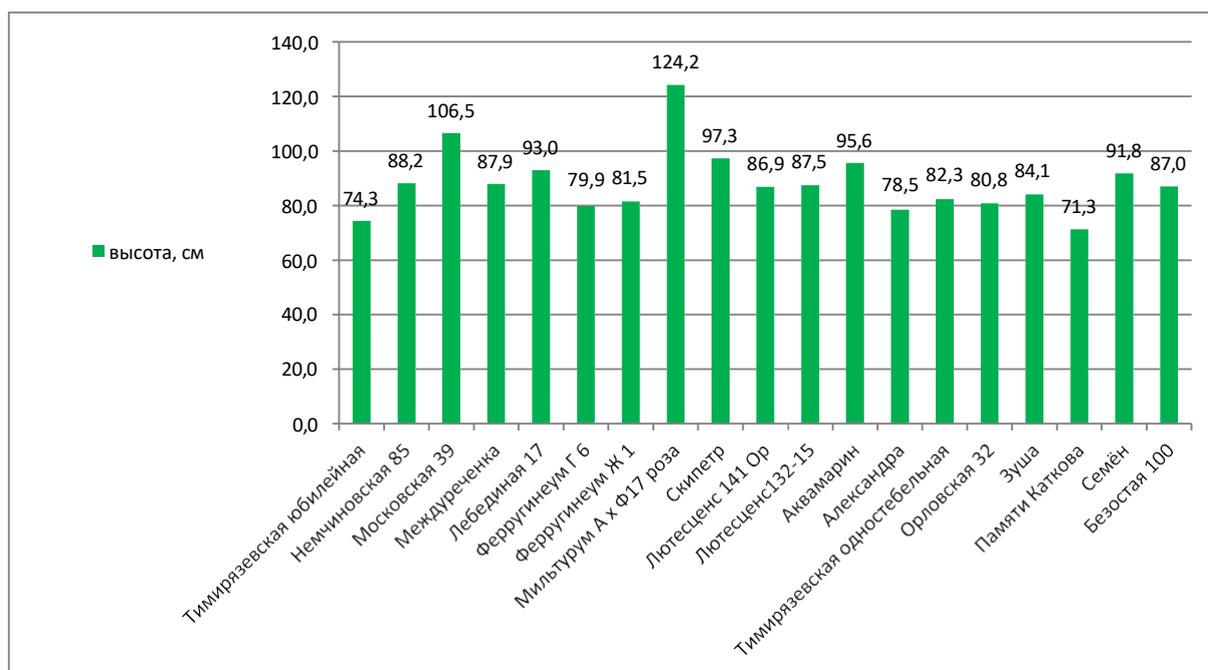


Рис. 1. Высота растений (в среднем за два года)

### Заключение

За два года исследований по сравнительной оценке сортов и селекционных линий пшеницы мягкой озимой выявлено, что хорошие показатели продуктивности и устойчивости к полеганию были отмечены у сортов Памяти Каткова, Аквамарин, Немчиновская 85, Александра, Тимирязевская юбилейная и селекционных линий Лебединая 17, Ферругинеум Ж1, Лютесценс 132-15, Лютесценс 141, Мильтурум А\*Ф17.

По результатам КСИ в 2024 передан на Государственное сортоиспытание новый сорт пшеницы мягкой озимой Аквамарин, который характеризуется высокой урожайностью и продуктивностью колоса, устойчивостью к абиотическим стрессорам. Средняя урожайность за три года в КСИ ФНЦ ЗБК составила 7,80 т/га, что выше стандартного сорта Скипетр на 0,79 т/га. Максимальная урожайность 8,77 т/га получена в ФНЦ ЗБК в 2023 году. Сорт обладает устойчивостью к полеганию и листовым болезням, относится к группе среднеспелых форм.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FGZZ-2024-0003 Цифровое фенотипирование зерновых и крупяных культур в селекционном процессе на высокую продуктивность и качество).*

### Литература

1. Борлоуг Н.Э. Зелёная революция: вчера, сегодня, завтра. // <http://www.ecolife.ru/journal/econ/2001-4-1.shtml>
2. Синьков А.А., Емельянов С.В., Савельев А.С., Баторшин Р. Ф. Влияние регуляторов роста на продуктивность и экономическую эффективность выращивания озимой пшеницы. //Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии получения сельскохозяйственной продукции: материалы международной научно-практической конференции – Саранск: Изд. Мордовского университета. – 2010. – С. 273-275.
3. Хатламаджиян А.Л., Климашевская Н.Ф. Удобрение озимой пшеницы, высеваемой после озимой пшеницы и эспарцета на черноземе обыкновенном. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 74. – С. 754-766.
4. Вилюнов С.Д., Сидоренко В.С., Шапорова М.А. [и др.] Оценка перезимовки озимой пшеницы различными вегетационными индексами.// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 3 (51). – С. 100-105. – DOI 10.24412/2309-348X-2024-3-100-105. – EDN NNDQHF.

5. Вилунов С.Д., Сидоренко В.С., Степанова Н.А., Шапорова М.А. Использование вегетационных индексов в селекции пшеницы и проса. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – (5). – С. 18-34. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-5-18-34>

#### References

1. Borloug N.E. Green Revolution: Yesterday, Today, Tomorrow. <http://www.ecolife.ru/jornal/econ/2001-4-1.shtml>
2. Sin'kov A.A., Emel'yanov S.V., Savel'ev A.S., Batorshin R.F. The influence of growth regulators on the productivity and economic efficiency of winter wheat cultivation. Resource-saving environmentally friendly technologies for obtaining agricultural products: materials of the international scientific and practical conference - Saransk: Mordovskii Univ. Publ., 2010, pp. 273-275. (In Russian)
3. Khatlamadzhiyan A.L., Klimashevskaya N.F. Udobrenie ozimoi pshenitsy, vysevaemoi posle ozimoi pshenitsy i espartseta na chernozeme obyknovennom. Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011, no. 74, pp. 754-766. (In Russian)
4. Vilyunov S.D., Sidorenko V.S., Shaporova M.A.[et al.] Otsenka perezimovki ozimoi pshenitsy razlichnymi vegetatsionnymi indeksami. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024, no. 3(51), pp. 100-105. DOI 10.24412/2309-348X-2024-3-100-105. EDN NNDQHF. (In Russian)
5. Vilyunov S.D., Sidorenko V.S., Stepanova N.A., Shaporova M.A. Ispol'zovanie vegetatsionnykh indeksov v seleksii pshenitsy i prosa. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2023, no.5, pp.18-34. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-5-18-34> (In Russian)

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ МЕТОДОМ СЕДИМЕНТАЦИИ

**Т.Б. КУЛЕВАТОВА**, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127;

E-mail: tanjakulevatova@yandex.ru

**Г.А. БЕКЕТОВА**, ORCID ID: 0000-0001-5277-3169; E-mail: gulnarabeketova@yandex.ru

**Л.Н. ЗЛОБИНА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3866-8060;

E-mail: L9172193438@yandex.ru

**Е.М. ЕРМАКОВА**, ORCID ID:0009-0009-3991-5308

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЮГО-ВОСТОКА

**Аннотация.** Цель настоящего исследования – выявить наиболее ценные генотипы методом седиментации для оптимизации селекционного процесса яровой мягкой пшеницы на качество. В задачи исследований входило определение количественной выраженности показателя ДДС- седиментации у зерна перспективных сортов и линий яровой мягкой пшеницы селекционных питомников: контрольное испытание (КИ), предварительное конкурсное испытание (ПКИ), основное конкурсное (ОКИ) и экологическое испытания (ЭИ). Почвы – черноземы южные, климат умеренно континентальный. В ОКИ площадь делянки 16,8 м<sup>2</sup>. В двух полевых повторностях изучали 42 образца и 100 номеров в ПКИ. Контрольное испытание 2023 года включало 105 образцов, площадь делянки 2,4 м<sup>2</sup>. Экологическое испытание реализовывалось в двух опытах двух полевых повторениях, площадь делянок составляла 8,4 м<sup>2</sup> и 4,2 м<sup>2</sup>. Показатель седиментации оценивали по методике Бебякина В.М. и Бунтиной М.В. (1991). Для выявления достоверности различий между показателями у исследуемых сортообразцов применяли однофакторный дисперсионный анализ, оценивали наименьшую существенную разницу (НСР) при достоверности F-критерия (\*) и критерий множественных сравнений частных средних по Дункану. Метод корреляционного анализа применяли для определения сходимости результатов по полевым повторениям. На качество зерна основное влияние оказывают погодные условия именно в период его формирования и налива. Выявлена лимитированность признака по полевым повторностям, по годам и в течение года. В КИ у 25 сортообразцов показатель седиментации был со значением больше 60 мл, что составляет 23,8% от изученных, а в ПКИ 30% образцов имели показатель выше 60 мл. Коэффициент корреляции между полевыми повторениями в ОКИ составляет 0,7021\*\* (2022г) и 0,7937\*\* (2023г) (\*\*-значимо на 1% ном уровне), поэтому обсуждение средней величины признака правомерно. В 2023 году наблюдается последовательное увеличение количества сортообразцов по питомникам с показателем седиментации 60 мл и выше: КП – 23,8%; ПКИ – 30%; ОКИ – 45%, это свидетельствует о том, что отбор по данному признаку в 2022 году дал положительный результат. Анализ двух питомников экологического испытания позволил выявить 33% сортов, перспективных как исходный материал для селекции на качество зерна. Коэффициент корреляции между полевыми повторениями в первом питомнике экологического испытания составляет 0,8048\*\*, во втором – 0,8049\*\*, это указывает на корректность методики проведения полевого эксперимента, что является необходимым условием успешного анализа показателей качества зерна яровой мягкой пшеницы.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, качество зерна, седиментация, додецилсульфат натрия, селекция, экологическое испытание.

**Для цитирования:** Кулеватова Т.Б., Бекетова Г.А., Злобина Л.Н., Ермакова Е.М. Оценка качества зерна сортов яровой мягкой пшеницы методом седиментации. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):163-170. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-163-170

## EVALUATION OF GRAIN QUALITY OF BREEDING MATERIAL OF SPRING SOFT WHEAT BY SEDIMENTATION

T.B. Kulevatova, G.A. Beketova, L.N. Zlobina, E.M. Ermakova

FSBSI FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER OF SOUTH-EAST

**Abstract:** *The purpose of this study was to identify the most valuable genotypes by sedimentation method to optimize the breeding process of spring soft wheat for quality. The objectives of the research were to determine the quantitative severity of the DDS sedimentation index in grain of promising varieties and lines of spring soft wheat breeding nurseries: control test (CI), preliminary competitive test (PKI), basic competitive (OKI) and environmental tests (EI). The soils are southern chernozems, the climate is moderately continental. In OKI, the plot area is 16.8 m<sup>2</sup>. 42 samples and 100 numbers in the PKI were studied in two field replications. The 2023 control test included 105 samples, the plot area was 2.4 m<sup>2</sup>, the environmental test was carried out in two experiments in two field repetitions, the plot area was 8.4 m<sup>2</sup> and 4.2 m<sup>2</sup>. The sedimentation index was evaluated by the method of Bebyakin V.M. and Buntina M.V. (1991). To identify the reliability of differences between the indicators in the studied varieties, a one-factor analysis of variance was used, the least significant difference (LSD) was estimated with the reliability of the F-criterion (\*) and the criterion of multiple comparisons of partial averages according to Duncan. The correlation analysis method was used to determine the convergence of the results based on field repetitions. The quality of grain is mainly influenced by weather conditions during the period of its formation and filling. The limitation of the trait was revealed by field repetitions, by year and throughout the year. In CI, 25 varietal samples had a sedimentation index of more than 60 ml, which is 23.8% of the studied samples, and in PCI, 30% of the samples had an index above 60 ml. The correlation coefficient between field repetitions in the OKI is 0.7021\*\* (2022) and 0.7937\*\* (2023) (\*\* is significant at 1% level), therefore, discussion of the average value of the trait is legitimate. In 2023, there is a consistent increase in the number of varietal samples by nurseries with sedimentation index of 60 ml and above: KP - 23.8%; PKI - 30%; OKI - 45%, this indicates that selection for this trait in 2022 gave a positive result. Analysis of two nurseries of the ecological trial identified 33% of varieties promising as source material for breeding for grain quality. The correlation coefficient between field repetitions in the first nursery of ecological test is 0.8048\*\*, in the second nursery - 0.8049\*\*, this indicates the correctness of the methodology of the field experiment, which is a prerequisite for successful analysis of grain quality indicators of spring soft wheat.*

**Keywords:** spring soft wheat, grain quality, sedimentation, sodium dodecyl sulfate, breeding, environmental testing.

### Введение

Понятие о качестве зерна пшеницы является различным в зависимости от направления его использования. Оно является выражением того, в какой степени тот или иной продукт отвечает цели, для которой он предназначен. Требования к качеству пшеницы в России существуют в виде двух основных систем. Одной из них придерживаются селекционные учреждения и Госкомиссия по сортоиспытанию; вторым, более простым, руководствуются при заготовках зерна. Качество зерна не может быть выражено в показателях какого-то одного свойства, оно зависит от целой совокупности признаков, определяющих физические, структурно-механические, мукомольные, хлебопекарные достоинства, реологические свойства теста и др. [1]. В понимании потребителя качество зерна выражается в показателях, характеризующих его пригодность для получения хлеба и хлебобулочных изделий [2]. С точки зрения селекционера, качество состоит из множества компонентов, наилучшим образом соответствующих генетической основе того сортового материала, с которым ведется селекционная работа.

Большинство методов, применяемых в современной селекции для оценки качества зерна и муки, имеют под собой биохимическую основу. Седиментационная оценка в различных ее модификациях с целью выбраковки заведомо низкокачественного материала и

позволяющая по небольшим пробам зерна оперативно тестировать те или иные свойства, ради улучшения которых ведется селекция, широко используется в селекционной практике [3, 4]. При проведении экспресс-оценок используют методику седиментации, где поверхностно-активным веществом (ПАВ) выступает додецилсульфат натрия (ДДС), который фиксирует движение агломератов набухших частиц муки в органических системах [5, 6, 7]. Результаты данных оценок очень тесно взаимосвязаны на генотипическом уровне с показателем ИДК-1 ( $r_g = -0,86^{**} - 0,87^{**}$ ), характеристиками фаринограммы ( $r_g = 0,65^{**} - 0,99^{**}$ ), альвеограммы ( $r_g = 0,56^{**} - 0,72^{**}$ ) и объемным выходом хлеба ( $r_g = 0,68^{**} - 0,81^{**}$ ) [8,9].

Величина показателя ДДС-седиментации, интегрально характеризующая технологические свойства муки, варьирует от 15 до 90 мл и более. Для безошибочной оценки суждения о физических свойствах теста или объемном выходе хлеба по показателю седиментации необходимо, чтобы его значения у изучаемого сорта или линии отклонялись от стандарта в ту или иную сторону на 40-50% абсолютной величины. Генетический сдвиг при отборе лучших по ДДС-оценке фенотипов при интенсивности отбора 10 и 20% статистически значим. Наиболее надежные результаты при отборах по ДДС-величине в популяциях яровой мягкой пшеницы можно ожидать в  $F_4$  и более поздних поколениях [8, 9].

**Цель исследования** – выявить наиболее ценные генотипы методом седиментации для оптимизации селекционного процесса яровой мягкой пшеницы на качество.

В связи с этим, в задачи исследований входило определить количественную выраженность показателя ДДС-седиментации у зерна сортообразцов яровой мягкой пшеницы селекционных питомников: контрольное испытание, предварительное конкурсное испытание, основное конкурсное и экологическое испытания и провести его анализ.

#### **Материалы и методы исследования**

Экспериментальным материалом служили сорта и перспективные линии яровой мягкой пшеницы, выращенные в селекционных питомниках контрольного (КИ), предварительного (ПКИ) и экологического испытаний (ЭИ) урожая 2023 года лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы. Результаты изучения перспективных сортов и линий основного конкурсного сортоиспытания (ОКИ) представлены данными урожая 2022, 2023 гг. в количестве 84 сортообразцов в двух полевых повторениях ежегодно, площадь делянки 16,8 м<sup>2</sup>. В ПКИ изучали 100 номеров в двух полевых повторностях. Контрольное испытание 2023 года включало 105 образцов, площадь делянки 2,4 м<sup>2</sup>, экологическое испытание проводили в двух опытах в двух полевых повторениях, площадь делянок составляла 8,4 м<sup>2</sup> и 4,2 м<sup>2</sup> соответственно. Почвы – черноземы южные, климат умеренно континентальный.

Показатель седиментации оценивали по методике Бебякина В.М. и Бунтиной М.В. (1991). Обязательным условием успешного проведения эксперимента является удаление зерна, пораженного клопом-черепашкой из анализируемой пробы, так как известно, что присутствие таких зерен затрудняет оценку генотипически обусловленного качества зерна в связи с селекцией [10]. Для выявления достоверности различий между показателями у исследуемых сортообразцов применяли однофакторный дисперсионный анализ, оценивали наименьшую существенную разницу (НСР) при достоверности F-критерия (\*) и критерий множественных сравнений частных средних по Дункану. Метод корреляционного анализа применяли для определения сходимости результатов по полевым повторениям.

Без анализа метеорологических условий в период вегетации нет смысла обсуждать признаки у растений, так как известно, что на выраженность качественных показателей зерна оказывают влияние погодные условия именно в период его формирования и налива (таблицы 1, 2). Из приведенных данных следует, что метеоусловия в период вегетации были различными, это в первую очередь касается количества осадков: выше процента от нормы выпало их в июне 2023 года. Температура превышала среднемноголетние данные в мае, июле и августе 2023 года.

Таблица 1

**Количество осадков за период весна – лето по фазам развития растений яровой мягкой пшеницы в сравнении с многолетними данными**

| Год  | Май  |                                 | Июнь |                                 | Июль |                                 | Август |                                 |
|------|------|---------------------------------|------|---------------------------------|------|---------------------------------|--------|---------------------------------|
|      | мм   | Процент от многолетних значений | мм   | Процент от многолетних значений | мм   | Процент от многолетних значений | мм     | Процент от многолетних значений |
| 2022 | 30,5 | 70,9                            | 34,7 | 77,1                            | 73,5 | 144,1                           | 12,6   | 28,6                            |
| 2023 | 37,4 | 87,0                            | 59,3 | 131,8                           | 40,9 | 80,2                            | 25,6   | 58,2                            |

Таблица 2

**Температура воздуха за период весна-лето 2022-2023 гг. по фазам развития растений яровой мягкой пшеницы в сравнении с многолетними данными**

| Год  | Май  |                                 |     | Июнь |                                 |     | Июль |                                 |     | Август |                                 |     |
|------|------|---------------------------------|-----|------|---------------------------------|-----|------|---------------------------------|-----|--------|---------------------------------|-----|
|      | Т°С  | Процент от многолетних значений | ГТК | Т°С  | Процент от многолетних значений | ГТК | Т°С  | Процент от многолетних значений | ГТК | Т°С    | Процент от многолетних значений | ГТК |
| 2022 | 11,7 | 78,0                            | 0,8 | 21,0 | 108,2                           | 0,6 | 21,7 | 101,4                           | 1,1 | 24,0   | 120,6                           | 0,2 |
| 2023 | 16,2 | 108,0                           | 0,8 | 18,3 | 94,3                            | 1,1 | 22,0 | 102,8                           | 0,6 | 22,7   | 114,1                           | 0,4 |

*Примечание.* ГТК – гидротермический коэффициент.

**Результаты и их обсуждение**

Схема селекционного процесса яровой мягкой пшеницы в ФАНЦ Юго-Востока включает следующие структурные единицы: СП1 (селекционный питомник первого года изучения), СП2 (селекционный питомник второго года изучения), контрольный питомник, предварительное конкурсное испытание, основное конкурсное испытание. В селекционном питомнике контрольного испытания (КИ) в 2023 году было проанализировано 105 сортообразцов. У 25 из них выявлен показатель седиментации со значением больше 60 мл, что составляет 23,8% от изученных. Вариабельность признака 29-84 мл.

Номера из питомника предварительного испытания включаются в скрещивания, если среди них есть что-либо оригинальное. Главная цель таких скрещиваний – расширить разнообразие местного исходного материала. В питомнике предварительного конкурсного испытания (ПКИ) в 2023 году проанализировано 100 сортообразцов в двух полевых повторениях. У 32 образцов (32%) значение в первой полевой повторности было выше по абсолютному значению, чем во второй. У 11 образцов (11%) значения во второй повторности выше, чем в первой; у 6 образцов (6%) значения были стабильны – это селекционные номера 80,81,83,86,90,94. Пределы варьирования признака в первой повторности 40-78 мл, при этом выше 60 мл показатель седиментации выявлен у 30 номеров, что составляет 30% от всех изученных. Во второй повторности варьирование признака составляло 42-72 мл, при этом выше 60 мл у 11 сортообразцов (11%).

Основное конкурсное испытание (ОКИ) является заключительным этапом селекционного процесса яровой мягкой пшеницы, после которого перспективные линии передают на государственное испытание, поэтому на данном этапе важно проводить всестороннее полное их изучение как по урожайности, так и по качеству зерна. Если вникнуть в сущность определения селекции, данного Н.И. Вавиловым, как эволюции, направляемой волей человека, то надо признать необходимость особого подхода к исходному материалу, поэтому с эволюционной точки зрения на первое место по значимости должен быть поставлен свой гибридный материал, подрабатываемый в заданном направлении в заданной местности (Ильина Л.И., 1996). Накопление благоприятных изменений осуществляется путем скрещивания лучших номеров, изучаемых в том числе и в основном конкурсном испытании.

Представленные в таблице 3 данные количественной выраженности показателя седиментации с ПАВ свидетельствуют о значимости различий сортообразцов, что открывает перспективу отбора по данному признаку. Коэффициент корреляции между полевыми повторениями в данном опыте составляет 0,7021\*\* (\*\* – значимо на 1%-ном уровне).

Таблица 3

**Показатель ДС-седиментации зерна сортообразцов яровой мягкой пшеницы в питомнике основного конкурсного испытания (ОКИ), урожай 2022 года**

| №<br>п/п и<br>сел. | Показатель<br>седимен-<br>тации (мл) |      | $\bar{X}$      | №<br>п/п и<br>сел. | Показатель<br>седимен-<br>тации (мл) |      | $\bar{X}$         |
|--------------------|--------------------------------------|------|----------------|--------------------|--------------------------------------|------|-------------------|
|                    | I                                    | II   |                |                    | I                                    | II   |                   |
| 1.                 | 46                                   | 50   | 48 bcdefghij   | 23.                | 54                                   | 56   | 55 jklmnopgr      |
| 2.                 | 58                                   | 54   | 56 klmnopgr    | 24.                | 52                                   | 56   | 54 ijklmnopgr     |
| 3.                 | 44                                   | 42   | 43 ab          | 25.                | 60                                   | 58   | 59 pgr            |
| 4.                 | 54                                   | 52   | 53 ijklmnopgr  | 26.                | 56                                   | 58   | 57 mnopgr         |
| 5.                 | 54                                   | 52   | 53 ijklmnopgr  | 27.                | 56                                   | 62   | 59 r              |
| 6.                 | 48                                   | 42   | 45 abcde       | 28.                | 44                                   | 48   | 46 bcdefgh        |
| 7.                 | 56                                   | 54   | 55 jklmnopgr   | 29.                | 50                                   | 56   | 53 hijklmnopgr    |
| 8.                 | 56                                   | 50   | 53 ijklmnopgr  | 30.                | 52                                   | 50   | 51 defghijklmno   |
| 9.                 | 48                                   | 46   | 47 bcdefghi    | 31.                | 42                                   | 46   | 44 abc            |
| 10.                | 50                                   | 50   | 50 cdefghijklm | 32.                | 52                                   | 52   | 52 ghijklmnopgr   |
| 11.                | 50                                   | 46   | 48 mnopgr      | 33.                | 58                                   | 58   | 58 opgr           |
| 12.                | 56                                   | 52   | 54 ijklmnopgr  | 34.                | 58                                   | 58   | 58 nopgr          |
| 13.                | 58                                   | 50   | 54 ijklmnopgr  | 35.                | 58                                   | 60   | 59 gr             |
| 14.                | 52                                   | 48   | 50 cdefghijklm | 36.                | 44                                   | 46   | 45 abcd           |
| 15.                | 54                                   | 58   | 56 mnopgr      | 37.                | 52                                   | 52   | 52 efghijklmnopgr |
| 16.                | 52                                   | 56   | 54 ijklmnopgr  | 38.                | 52                                   | 56   | 54 ijklmnopgr     |
| 17.                | 60                                   | 52   | 56 lmnopgr     | 39.                | 52                                   | 58   | 55 jklmnopgr      |
| 18.                | 52                                   | 48   | 50 cdefghijklm | 40.                | 50                                   | 54   | 52 fghijklmnopgr  |
| 19.                | 38                                   | 40   | 39 a           | 41.                | 50                                   | 58   | 54 jklmnopgr      |
| 20.                | 50                                   | 46   | 48 bcdefghij   | 42.                | 51                                   | 52   | 51 defghijklmno   |
| 21.                | 48                                   | 42   | 45 abcdef      |                    |                                      |      |                   |
| 22.                | 46                                   | 46   | 46 bcdefgh     |                    |                                      |      |                   |
| НСР                |                                      | 5,8  |                | НСР                |                                      | 5,8  |                   |
| F                  |                                      | 5,6* |                | F                  |                                      | 5,6* |                   |

*Примечание.* Значимо не различающиеся между собой значения показателя седиментации обозначены одинаковой латинской буквой по критерию множественных сравнений Дункана. То же в таблице 4.

В 2023 году в данном питомнике (ОКИ) анализировали 89 сортообразцов, из них 84 в двух полевых повторениях. У 40 образцов, что составляет 46,5%, значение показателя ДДС-седиментации в первой полевой повторности было выше по абсолютному значению, чем во второй; у 2 образцов (2,3%) наблюдались одинаковые значения; у 1 (1,2%) образца в первой повторности значения были ниже (табл. 4).

Таблица 4

**Показатель ДДС-седиментации зерна сортообразцов яровой мягкой пшеницы в питомнике основного конкурсного испытания (ОКИ), урожай 2023 года**

| № п/п и сел. | Показатель седиментации (мл) |    | $\bar{X}$           | № п/п и сел. | Показатель седиментации (мл) |    | $\bar{X}$           |
|--------------|------------------------------|----|---------------------|--------------|------------------------------|----|---------------------|
|              | I                            | II |                     |              | I                            | II |                     |
| 1.           | 59                           | 41 | 50 bcdef            | 23.          | 40                           | 42 | 41 ab               |
| 2.           | 76                           | 56 | 66 nopqrstuv        | 24.          | 53                           | 51 | 52 cdefghij         |
| 3.           | 62                           | 47 | 55 defghijkl        | 25.          | 52                           | 50 | 51 bcdefgh          |
| 4.           | 71                           | 63 | 67 stuv             | 26.          | 59                           | 51 | 55 defghijklm       |
| 5.           | 81                           | 65 | 73 v                | 27.          | 68                           | 66 | 67 stuv             |
| 6.           | 67                           | 59 | 63 lmnopqrstuv      | 28.          | 70                           | 65 | 68 stuv             |
| 7.           | 66                           | 65 | 66 mnopqrstuv       | 29.          | 62                           | 59 | 61 fgyijklmnopqrstu |
| 8.           | 66                           | 59 | 63 jklmnopqrstuv    | 30.          | 59                           | 46 | 53 cdefghijkl       |
| 9.           | 72                           | 60 | 66 opqrstuv         | 31.          | 40                           | 36 | 38 a                |
| 10.          | 71                           | 62 | 67 qrstuv           | 32.          | 52                           | 48 | 50 bcdef            |
| 11.          | 66                           | 52 | 59 efghijklmnopqrst | 33.          | 60                           | 58 | 59 efghijklmnopqrst |
| 12.          | 74                           | 60 | 67 stuv             | 34.          | 50                           | 50 | 50 bcdef            |
| 13.          | 79                           | 63 | 71 uv               | 35.          | 58                           | 56 | 57 defghijklmnopqrs |
| 14.          | 74                           | 59 | 67 pqrstuv          | 36.          | 59                           | 54 | 57 defghijklmnopqrs |
| 15.          | 72                           | 52 | 62 ijklmnopqrstu    | 37.          | 42                           | 42 | 42 abc              |
| 16.          | 64                           | 45 | 55 defghijkl        | 38.          | 51                           | 48 | 50 bcde             |
| 17.          | 50                           | 49 | 50 bcde             | 39.          | 57                           | 46 | 52 bcdefghi         |
| 18.          | 67                           | 55 | 61 hijklmnopqrstu   | 40.          | 51                           | 44 | 48 abcd             |
| 19.          | 64                           | 58 | 61 qhijklmnopqrstu  | 41.          | 51                           | 49 | 50 bcdef            |
| 20.          | 74                           | 60 | 67 rstuv            | 42.          | 52                           | 46 | 49 bcde             |
| 21.          | 72                           | 54 | 63 klmnopqrstuv     |              |                              |    |                     |
| 22.          | 59                           | 56 | 58 defghijklmnopqrs |              |                              |    |                     |
| НСР          |                              |    | 9,0                 | НСР          |                              |    | 9,0                 |
| F            |                              |    | 7,3*                | F            |                              |    | 7,3*                |

Варьирование признака в первой полевой повторности - 40-81 мл, во второй - 36-66 мл. Коэффициент корреляции между полевыми повторениями составляет 0,7937\*\* (\*\* - значимо на 1% ном уровне), поэтому обсуждение средней величины признака правомерно. Выше 60 мл показатель выявлен у 20 изучаемых сортообразцов, что составляет около 48 %. То есть в 2023 году наблюдается последовательное увеличение количества сортообразцов по питомникам с показателем седиментации 60 мл и выше: КП – 23,8%; ПКИ – 30%; ОКИ – 45%. Можно предположить, что отбор в 2022 году дал положительный результат по данному признаку.

Экологическое испытание (ЭИ) имеет неоспоримое значение для подбора исходного материала в будущих скрещиваниях, необходимым условием которых является развитие адаптивного потенциала сортов и линий. В лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы в 2023 году было проведено два опыта экологического испытания (I, II) В первом питомнике (I) проанализировано 24 сортообразца в двух полевых повторениях. У 5 образцов показатель ДДС-седиментации был выше 60 мл в обеих повторностях. Варьирование показателя в первой повторности составляет 44-64 мл (разница 20), во второй – 40-66 мл

(разница 26). Общее варьирование 65-43 мл (разница 22). Во втором питомнике (II) изучали 63 образца в двух полевых повторениях. Показатель седиментации в первой повторности ниже, чем во второй у 19 сортообразцов, что составляет примерно 30%; в 6 (10%) случаях, показатель не менялся в зависимости от полевого повторения. У 38 образцов показатель был выше, чем в первой повторности, что составляет примерно 60%. У 50% изученных образцов первой повторности показатель был выше значения 60 мл; во второй повторности такое свойство наблюдалось в 17% случаев, т.е. у 11 образцов. Вариабельность показателя первой повторности составляет 32-86 мл, второй 34-70 мл соответственно. Коэффициент корреляции между полевыми повторениями в первом питомнике экологического испытания составляет 0,8048\*\*, во втором - 0,8049\*\*, это указывает на корректность методики проведения полевого эксперимента, что является необходимым условием успешного анализа показателей качества зерна яровой мягкой пшеницы.

### Заключение

В итоге можно констатировать, что метод седиментационного анализа с применением ПАВ – додецилсульфата натрия является экспрессным и информативным для селекции, что доказывается значимостью различий признака у сортообразцов и эффективностью отбора по нему. Выявлены наиболее ценные генотипы по данному показателю и рекомендованы для дальнейшей оптимальной работы на качество зерна яровой мягкой пшеницы.

### Литература

1. Кузьменко А.И. Саратовские сорта яровой мягкой пшеницы. – Издательство Саратовского университета, – 2005. – 299 с.
2. Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Бундина О.И., Жильцова Н.С. Современные требования к качеству ценной пшеницы в России. // Пищевая промышленность – 2023. – №6. – С.6-8. DOI:10.52653/PPI.2023.6.6.001
3. Самофалова Н.Е, Копусь М.М., Скрипка О.В., Марченко Д.М., Самофалов А.П., Иличкина Н.П., Гричаникова Т.А. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна (научно-практические рекомендации). // – Ростов н/Д: ЗАО «Книга». – 2014. – 32 с.
4. Копусь М.М., Нецветаев В.П., Копусь Е.М., Маркова А.Р., Нецветаева О.В. Экспресс методы оценки селекционного материала пшеницы по качеству зерна. // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №1. – С.19-22.
5. Бебякин В.М., Бунтина М.В. Эффективность оценки качества зерна яровой мягкой пшеницы по SDS-тесту. // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1991. – № 1. – С. 68-70.
6. Бебякин, В.М., Бунтина М.В., Васильчук Н.С. Эффективность SDS-седиментационной и миксографической оценок при тестировании качества яровой твердой пшеницы. // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1987. – № 7. – С. 65-70.
7. Kibkalo I. Effectiveness of and Perspectives for the Sedimentation Analysis Method in Grain Quality Evaluation in Various Cereal Crops for Breeding Purposes // Plants. – 2022. – Vol. 11(13), Article number 1640. DOI: 10.3390/plants11131640.
8. Бебякин В.М., Кулеватова Т.Б., Кибкало И.А., Андреева Л.В., Крупнова О.В. Пути и методы оптимизации оценки качества зерна яровой мягкой пшеницы и отбора высококачественных генотипов. // Аграрный вестник Юго-Востока – 2013. – № 1-2 (8-9). – С. 42-46.
9. Бебякин, В.М., Кулеватова Т.Б., Кибкало И.А. Оценка качества зерна яровой мягкой пшеницы в процессе селекции. // Аграрная наука. – 2012. – № 11. – С. 22-24.
10. Кулеватова, Т.Б., Злобина Л.Н., Бекетова Г.А., Андреева Л.В. Аспекты качества зерна яровой мягкой пшеницы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 2 (46). – С. 117-124, DOI:10.24412/2309-348X-2023-2-117-124.

### References

1. Kuz'menko A.I. Saratovskie sorta yarovoij myagkoj pshenicy [Saratov varieties of spring soft wheat]. *Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta*, 2005, 299 p. (In Russ).

2. Meleshkina E.P., Kolomiec S.N., Bundina O.I., ZHil'cova N.S. Sovremennye trebovaniya k kachestvu cennoj pshenicy v Rossii. [Modern requirements for the quality of valuable wheat in Russia]. *Pishchevaya promyshlennost'- Food industry*, 2023, no 6, pp.6-8. (In Russ).
3. Samofalova, N.E., Kopus' M.M., Skripka O.V., Marchenko D.M., Samofalov A.P., Ilichkina N.P., Grichanikova T.A. SDS-sedimentaciya v poetapnoj ocenke selekcionnogo materiala ozimoy pshenicy po kachestvu zerna (nauchno-prakticheskie rekomendacii) [SDS-sedimentation in the step-by-step assessment of the breeding material of winter wheat by grain quality (scientific and practical recommendations)]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2014, 32 p. (In Russ).
4. Kopus' M.M., Necvetaev V.P., Kopus' E.M., Markova A.R., Necvetaeva O.V. Ekspress metody ocenki selekcionnogo materiala pshenicy po kachestvu zerna [Express methods of evaluation of wheat breeding material by grain quality]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK - Achievements of science and technology of agriculture*. 2010, no 1, pp.19-22. (In Russ).
5. Bebyakin V.M., Buntina M.V. Effektivnost' ocenki kachestva zerna yarovoj myagkoj pshenicy po SDS-testu [The effectiveness of assessing the quality of spring soft wheat grain according to the SDS test]. *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki - Bulletin of Agricultural Science*. 1991, no 1, pp.68-70. (In Russ).
6. Bebyakin, V.M. Buntina M.V., Vasil'chuk N.S. Effektivnost' SDS-sedimentacionnoj i miksograficheskoj ocenok pri testirovanii kachestva yarovoj tvrdoj pshenicy [The effectiveness of SDS-sedimentation and mixographic assessments in testing the quality of spring durum wheat]. *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki - Bulletin of Agricultural Science*. 1987, no 7, pp. 65-70. (In Russ).
7. Kibkalo I. Effectiveness of and Perspectives for the Sedimentation Analysis Method in Grain Quality Evaluation in Various Cereal Crops for Breeding Purposes. *Plants*. 2022. Vol. 11(13), Article number 1640. DOI: 10.3390/plants11131640.
8. Bebyakin V.M., Kulevatova T.B., Kibkalo I.A., Andreeva L.V., Krupnova O.V. Puti i metody optimizacii ocenki kachestva zerna yarovoj myagkoj pshenicy i otbora vysokokachestvennyh genotipov [Ways and methods of optimizing the evaluation of the grain quality of spring soft wheat and the selection of high-quality genotypes]. *Agrarnyj Vestnik YUgo-Vostoka - Agrarian Bulletin of the South-East*. 2013, no 1-2(8-9), pp.42-46. (In Russ).
9. Bebyakin V.M., Kulevatova T.B., Kibkalo I.A. Ocenka kachestva zerna yarovoj myagkoj pshenicy v processe selekcii [Evaluation of the grain quality of spring soft wheat in the selection process ]. *Agrarnaya nauka - Agricultural science*. 2012, no 11, pp.22-24. (In Russ).
10. Kulevatova T.B., Zlobina L.N., Beketova G.A., Andreeva L.V. Aspects of grain quality of spring soft wheat [Evaluation of the grain quality of spring soft wheat in the selection process]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no 2 (46), pp.117-124. DOI:10.24412/2309-348X-2023-2-117-124. (In Russ).

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗЕРНОПАРОВОМ СЕВООБОРОТЕ

**В.А. ВОРОНЦОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук

<https://orcid.org/0000-0001-8549-1301>, E-mail: vik100347@gmail.com

**Ю.П. СКОРОЧКИН**, <https://orcid.org/0000-0002-1717-5638>. E-mail: yskorochkin@mail.ru

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

**Аннотация.** Цель исследований – оценка влияния различных способов основной обработки почвы в сочетании со средствами интенсификации и защиты озимой пшеницы от вредных объектов на урожайность и экономическую эффективность. Работу выполняли в условиях северо-востока Центрального Черноземья на черноземе типичном с содержанием гумуса 6,8-7,0%, в стационарном полевом опыте Тамбовского НИИСХ в зернопаровом севообороте (чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень). Установлено, что применение ресурсосберегающих способов основной обработки почвы – поверхностной (дискование на 10-12 см) в севообороте при комбинированной отвально-поверхностной системе обеспечило формирование урожайности озимой пшеницы на уровне контроля с традиционной отвальной вспашкой на 20-22 см – 5,66 т/га (при 5,65 на контроле). На фоне бесменной поверхностной обработки почвы в севообороте продуктивность культуры снизилась на 1,9 ц/га и составила 5,46 т/га. Озимая пшеница положительно реагировала на повышение уровня минерального питания. Повышение дозы внесения удобрения с (NPK)<sub>30</sub> до (NPK)<sub>60</sub> сопровождалось повышением урожайности, составившего 0,43 т/га. На варианте с весенней подкормкой аммиачной селитрой N<sub>30</sub> урожайность составила 5,31 т/га или на 0,61 т/га меньше по сравнению с (NPK)<sub>60</sub>. Применение полного комплекса защиты растений (протравливание семян + пестициды по вегетации) обеспечило повышение урожайности на 0,39 т/га. Наиболее высокий уровень окупаемости наблюдался в технологиях, на основе поверхностной обработки почвы при комбинированной системе обработки в севообороте с полным комплексом средств защиты и весенней подкормкой аммиачной селитрой, составивший 5,22 руб./руб. Повышение уровня минерального питания до (NPK)<sub>60</sub> снижало этот показатель на 23,4%, себестоимость при этом повышалась на 20,6%.

**Ключевые слова:** обработка почвы, удобрения, средства защиты растений, урожайность, экономическая эффективность.

**Для цитирования:** Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность различных технологий возделывания озимой пшеницы в зернопаровом севообороте. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):171-177. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-171-177

## EFFICIENCY OF DIFFERENT TECHNOLOGIES OF WINTER WHEAT CULTIVATION IN GRAIN-FALLOW CROP ROTATION

**Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P.**

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

**Abstract:** The aim of the research is to evaluate the impact of various methods of primary soil cultivation in combination with intensification means and protection of winter wheat from harmful objects on the yield and economic efficiency. The work was carried out in the conditions of the north-east of the Central Black Earth Region on typical chernozem with a humus content of 6.8-7.0%, in a

*stationary field experiment of the Tambov Research Institute of Agriculture in a grain-fallow crop rotation (black fallow – winter wheat - soybeans - barley). It was shown that the use of resource-saving methods of basic tillage – surface tillage (discing at 10-12 cm) in the crop rotation under the combined moldboard-surface system provided the formation of winter wheat yield at the level of control with traditional moldboard plowing at 20-22 cm - 5.66 t/ha (with 5.65 on the control). Against the background of shiftless surface tillage in the crop rotation, crop productivity decreased by 1.9 c/ha and amounted to 5.46 t/ha. Winter wheat responded positively to the increase in the level of mineral nutrition. Increasing the fertilizer dose from (NPK)<sub>30</sub> to (NPK)<sub>60</sub> was accompanied by an increase in yield of 0.43 t/ha. In the variant with spring fertilization with ammonium nitrate N30, the yield was 5.31 t/ha or 0.61 t/ha less than (NPK)<sub>60</sub>. The use of a full range of plant protection measures (seed treatment + pesticides during vegetation) ensured an increase in yield by 0.39 t/ha. The highest level of payback was observed in technologies based on surface tillage with a combined tillage system in crop rotation with a full range of plant protection products and spring fertilization with ammonium nitrate, amounting to 5.22 rubles/ruble. Increasing the level of mineral nutrition to (NPK)<sub>60</sub> reduced this indicator by 23.4%, while the cost price increased by 20.6%.*

**Keywords:** soil cultivation, fertilizers, plant protection products, crop yield, economic efficiency.

### Введение

В Центрально-Чернозёмном регионе озимая пшеница относится к одной из важнейших зерновых культур при возделывании которой большую роль играет правильно выбранная агротехнология [1, 2]. Одним из важнейших и энергетически затратных приёмов в агротехнологиях выступает обработка почвы [3]. От способа обработки почвы зависят продуктивность, энергозатраты, рентабельность производимой продукции [4, 5, 6].

В современных условиях затраты на применение минеральных удобрений и средств защиты растений занимают больше половины общих затрат на производство продукции и существенно влияют на её рентабельность [7, 8, 9]. Поэтому, возникла необходимость поиска менее затратных приёмов обработки почвы при выращивании озимой пшеницы в зернопаровом с/евообороте с короткой ротацией в сочетании с применением удобрений и средств защиты растений.

**Цель исследований** – изучение влияния средств интенсификации (удобрения и средства защиты растений) и различных приёмов основной обработки почвы на продуктивность и экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы в условиях северо-востока Центрального Черноземья.

### Материал и методы исследований

В 2021-2024 годах в условиях стационарного полевого опыта Тамбовского НИИСХ в зернопаровом севообороте (черный пар – озимая пшеница – соя – ячмень) мы изучали такие факторы, как способы основной обработки почвы, удобрения, средства защиты растений, влияющие на урожайность и экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы,

Почва опытного участка – наиболее распространённый в нашей зоне чернозём типичный мощный тяжёлосуглинистый. Содержание гумуса составляет 6,8-7,0%. Обеспеченность почвы доступными формами элементов питания – высокая и повышенная. Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: – **приёмы в системе основной обработки почвы (фактор А)** – **1** – отвальная разноглубинная вспашка под озимую пшеницу на глубину 20-22 см плугом ПЛН-5-35 (контроль); **2** – бесменная поверхностная обработка (дискование на 10-12 см) под все культуры севооборота; **3** – бесменная безотвальная разноглубинная, под пшеницу на глубину 20-22 см плугом ПЛН-5-35 без отвалов; **4** – комбинированная (отвально-безотвальная) с безотвальной обработкой на 20-22 см под озимую пшеницу; **5** – комбинированная (отвально-поверхностная) с поверхностной (дискование на 10-12 см) под озимую пшеницу;

– **удобрения под озимую пшеницу (фактор В)** – в дозах N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> перед посевом в виде азофоски с соотношением элементов 16:16:16); и N<sub>30</sub> в начале весеннего возобновления вегетации;

– защита растений (фактор С) – протравливание семян – фон; фон + пестициды в течение вегетации культуры.

Учётная площадь делянки составляла 25 м<sup>2</sup>. Опыт заложен в трехкратной повторности. Уборку урожая осуществляли комбайном САМПО-500. Полученные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985). Экономическую эффективность (в ценах среднее за 2021-2024 гг.) определяли расчётно-нормативными методами (Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М. – 1998).

Годы исследований различались по характеру распределения количества осадков и температуры воздуха в течение вегетационного периода (апрель-июль). Так, вегетационные периоды 2021, 2022 и 2024 годов характеризовались недостаточным выпадением осадков на 86, 102 и 128 мм меньше среднемноголетних показателей, а температура воздуха превышала среднемноголетнюю величину на 3, 1,9 и 1,5°С, соответственно. Основная причина сравнительно низкой урожайности озимой пшеницы в 2021 году – недостаточное выпадение осадков в предпосевной период (июль-сентябрь 2020 года), всего 27,6 мм осадков, что в 6 раз меньше среднемноголетнего показателя, а также нехватка их в вегетационный период 2021 года, что отрицательно сказалось на формировании урожайности. Причиной низкой урожайности в 2024 году был не только недостаток выпадения осадков за вегетацию, но и повреждение посевов в весенний период морозом (температура воздуха 4 мая 2024 года составила -9°С). Вегетационный период 2023 года отмечался обильным выпадением осадков, в 1,4 раза превышающим среднемноголетние показатели, что положительно сказалось на формировании урожайности. Температурный режим воздуха находился на уровне среднемноголетних значений. Условия перезимовки озимой пшеницы, в целом за годы исследований были благоприятны. Осенью растения озимой пшеницы прошли закалку. Содержание сахара в узлах кущения растений озимой пшеницы в конце зимы составляло 9-10 %, при критическом для нашей зоны 6%.

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что на урожайность озимой пшеницы определённым образом оказывали влияние технологические приёмы возделывания культуры (табл. 1). В среднем за четыре года исследований максимальная в опыте урожайность озимой пшеницы, без учёта фона удобрений и средств защиты растений, отмечена на контроле с вспашкой – 5,65 т/га и поверхностной обработкой (дискование на 10-12 см) при комбинированной отвально-поверхностной системе – 5,66 т/га. Самая низкая урожайность получена на варианте с бессенной поверхностной обработкой – 5,46 т/га, что на 1,9 т/га меньше контроля со вспашкой. На фоне безотвальных обработок наблюдалась тенденция к снижению урожайности, составившая, по отношению к контролю, 1,1 и 1,3 ц/га.

Наиболее заметное влияние на урожайность культуры оказали средства интенсификации – удобрения и средства защиты. Озимая пшеница положительно реагировала на повышение фона удобренности. В среднем по вариантам опыта максимальная урожайность получена на варианте с N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 5,92 т/га. На фоне N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> величина урожайности составила 5,49 т/га. На варианте с весенней подкормкой аммиачной селитрой в дозе N<sub>30</sub> урожайность сформирована на уровне 5,31 т/га, что на 0,61 т/га меньше, чем на варианте с внесением азофоски в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> перед посевом озимой пшеницы. Положительно сказалось на урожайности озимой пшеницы использование комплекса средств защиты (протравливание семян + пестициды по вегетации культуры). В среднем по вариантам основной обработки почвы в опыте урожайность составила – 5,77 т/га, что на 0,39 т/га больше, чем на вариантах с неполным комплексом защиты (протравливание семян). В тоже время, использование технологий на основе безотвальной обработки и поверхностной, при комбинированной отвально-поверхностной системы в севообороте обеспечило формирование урожайности до уровня вспашки (контроль) – 5,83 и 5,84 т/га с применением полного комплекса защиты растений и 5,41 5,42 т/га с использованием только лишь протравливания семян, при урожайности на контроле 5,85 и 5,45 т/га соответственно.

Таблица 1

**Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и насыщенности средствами химизации, т/га**

| Система основной обработки почвы в севообороте (А)                          | Фон удобрённости, NPK кг/га (В) | Защита растений (С) | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | В среднем за 2021-2024 гг. |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|------|------|------|------|----------------------------|
| Отвальная разноглубинная вспашка, под озимую пшеницу на 20-22 см (контроль) | 60                              | 1*                  | 5,00 | 7,12 | 6,56 | 4,97 | 5,91                       |
|                                                                             |                                 | 2**                 | 5,55 | 7,47 | 6,90 | 5,34 | 6,31                       |
|                                                                             | 30                              | 1                   | 4,48 | 6,81 | 6,14 | 4,27 | 5,42                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,66 | 7,00 | 6,29 | 4,45 | 5,60                       |
|                                                                             | N <sub>30</sub><br>в подкормку  | 1                   | 4,23 | 6,53 | 5,95 | 3,35 | 5,01                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 5,15 | 6,97 | 6,27 | 4,12 | 5,63                       |
| Среднее по варианту обработки                                               |                                 |                     | 4,84 | 6,98 | 6,35 | 4,42 | 5,65                       |
| Бесменная поверхностная (дискование на 10-12 см под все культуры сев-та)    | 60                              | 1                   | 4,34 | 6,87 | 6,47 | 4,60 | 5,57                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,73 | 7,32 | 6,84 | 4,85 | 5,93                       |
|                                                                             | 30                              | 1                   | 4,16 | 6,66 | 5,94 | 4,17 | 5,23                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,35 | 6,94 | 6,41 | 4,41 | 5,53                       |
|                                                                             | N <sub>30</sub><br>в подкормку  | 1                   | 4,39 | 6,60 | 5,78 | 3,51 | 5,07                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,63 | 6,81 | 6,03 | 4,33 | 5,45                       |
| Среднее по варианту обработки                                               |                                 |                     | 4,43 | 6,87 | 6,24 | 4,31 | 5,46                       |
| Бесменная безотвальная разноглубинная под озимую пшеницу на 20-22 см        | 60                              | 1                   | 4,50 | 6,86 | 6,52 | 4,74 | 5,65                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 5,26 | 7,20 | 6,71 | 4,99 | 6,04                       |
|                                                                             | 30                              | 1                   | 4,35 | 6,69 | 6,00 | 4,52 | 5,39                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,65 | 6,98 | 6,49 | 4,70 | 5,70                       |
|                                                                             | N <sub>30</sub><br>в подкормку  | 1                   | 4,22 | 6,63 | 5,81 | 3,42 | 5,02                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,48 | 6,83 | 6,23 | 4,34 | 5,47                       |
| Среднее по варианту обработки                                               |                                 |                     | 4,58 | 6,85 | 6,29 | 4,45 | 5,54                       |
| Комбинированная (отвально-безотвальная), под озимую пшеницу безотвальная    | 60                              | 1                   | 4,54 | 6,99 | 6,42 | 4,39 | 5,58                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 5,53 | 7,31 | 6,66 | 4,87 | 6,09                       |
|                                                                             | 30                              | 1                   | 4,50 | 6,83 | 5,86 | 4,06 | 5,31                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,63 | 7,07 | 6,18 | 4,30 | 5,54                       |
|                                                                             | N <sub>30</sub><br>в подкормку  | 1                   | 4,31 | 6,76 | 5,77 | 3,56 | 5,10                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,60 | 7,11 | 6,11 | 4,06 | 5,47                       |
| Среднее по варианту обработки                                               |                                 |                     | 4,68 | 7,02 | 6,17 | 4,21 | 5,52                       |
| Комбинированная (отвально-поверхностная), под озимую пшеницу поверхностная  | 60                              | 1                   | 4,42 | 7,01 | 6,46 | 5,11 | 5,58                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,66 | 7,34 | 6,82 | 5,43 | 6,06                       |
|                                                                             | 30                              | 1                   | 4,22 | 6,83 | 6,16 | 4,23 | 5,36                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,51 | 7,02 | 6,41 | 5,37 | 5,83                       |
|                                                                             | N <sub>30</sub><br>в подкормку  | 1                   | 4,30 | 6,75 | 6,23 | 3,91 | 5,30                       |
|                                                                             |                                 | 2                   | 4,61 | 6,96 | 6,63 | 4,51 | 5,68                       |
| Среднее по варианту обработки                                               |                                 |                     | 4,45 | 6,99 | 6,45 | 4,76 | 5,66                       |

|              |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|
| НСР 05 для А | 0,11 | 0,07 | 0,12 | 0,10 |
| Для В        | 0,08 | 0,05 | 0,09 | 0,09 |
| Для С        | 0,07 | 0,04 | 0,09 | 0,06 |

Примечание: 1\* – протравливание семян; 2\*\* – протравливание семян + пестициды по вегетации культуры

Оценка экономической эффективности различных технологий выращивания озимой пшеницы показала, что использование технологий с различным насыщением средствами химизации при разных способах обработки почвы было экономически выгодно, так как

окупаемость затрат стоимостью реализованной продукции выше единицы (табл. 2). При этом лучшие экономические показатели, такие как себестоимость продукции и окупаемость отмечены в технологиях с весенней подкормкой аммиачной селитрой в дозе N<sub>30</sub> в сочетании с полным комплексом средств защиты растений. Данная закономерность была характерна для всех вариантов обработки почвы.

Таблица 2

**Экономическая эффективность различных технологий возделывания озимой пшеницы в зернопаровом севообороте (среднее за 2021-2024 гг.)**

| Система основной обработки почвы в севообороте                              | Фон удобрения озимой пшеницы                    | Биоэнергетические показатели |                               |                        |                               |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|
|                                                                             |                                                 | Стоимость зерна тыс.руб/га   | Затраты на воздел. тыс.руб/га | Чист. доход тыс.руб га | Себестоимость 1 т. зерна руб. | Окупаемость руб/руб |
| Отвальная разноглубинная вспашка, под озимую пшеницу на 20-22 см (контроль) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 76,8*                        | 18,9                          | 57,9                   | 3198                          | 4,06                |
|                                                                             |                                                 | 82,0**                       | 19,6                          | 62,4                   | 3106                          | 4,18                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> | 70,5                         | 15,9                          | 54,6                   | 2933                          | 4,43                |
|                                                                             |                                                 | 72,8                         | 16,3                          | 55,9                   | 3018                          | 4,47                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> в подкормку                     | 65,1                         | 14,0                          | 51,1                   | 2794                          | 4,65                |
|                                                                             |                                                 | 73,2                         | 14,9                          | 58,6                   | 2646                          | 4,97                |
| Бесменная поверхностная (дискование на 10-12 см под все культуры сев-та)    | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 72,4                         | 18,1                          | 54,3                   | 3250                          | 4,00                |
|                                                                             |                                                 | 77,1                         | 18,9                          | 58,2                   | 3187                          | 4,08                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> | 68,0                         | 15,3                          | 52,7                   | 2925                          | 4,44                |
|                                                                             |                                                 | 71,9                         | 16,1                          | 55,8                   | 2911                          | 4,47                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> в подкормку                     | 65,9                         | 13,3                          | 52,6                   | 2623                          | 4,95                |
|                                                                             |                                                 | 70,8                         | 14,2                          | 56,6                   | 2606                          | 4,99                |
| Бесменная безотвальная разноглубинная под озимую пшеницу на 20-22 см        | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 73,4                         | 18,2                          | 55,2                   | 3221                          | 4,03                |
|                                                                             |                                                 | 82,4                         | 19,1                          | 63,3                   | 3013                          | 4,31                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> | 70,1                         | 15,3                          | 54,8                   | 2838                          | 4,58                |
|                                                                             |                                                 | 74,1                         | 16,1                          | 58,0                   | 2825                          | 4,60                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> в подкормку                     | 65,3                         | 13,7                          | 51,6                   | 2729                          | 4,77                |
|                                                                             |                                                 | 71,1                         | 14,6                          | 56,5                   | 2663                          | 4,91                |
| Комбинированная (отвально-безотвальная), под озимую пшеницу безотвальная    | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 72,5                         | 18,1                          | 54,4                   | 3244                          | 4,80                |
|                                                                             |                                                 | 79,2                         | 19,0                          | 60,2                   | 3120                          | 4,17                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> | 69,0                         | 15,3                          | 53,7                   | 2881                          | 4,51                |
|                                                                             |                                                 | 72,0                         | 16,1                          | 55,9                   | 2906                          | 4,47                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> в подкормку                     | 66,3                         | 13,8                          | 52,5                   | 2706                          | 4,80                |
|                                                                             |                                                 | 71,1                         | 14,7                          | 56,4                   | 2687                          | 4,84                |
| Комбинированная (отвально-поверхностная), под озимую пшеницу поверхностная  | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 72,5                         | 18,1                          | 54,4                   | 3244                          | 4,00                |
|                                                                             |                                                 | 78,8                         | 18,8                          | 60,0                   | 3102                          | 4,19                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> | 69,7                         | 15,1                          | 54,6                   | 2817                          | 4,61                |
|                                                                             |                                                 | 75,8                         | 16,1                          | 59,7                   | 2761                          | 4,71                |
|                                                                             | N <sub>30</sub> в подкормку                     | 68,9                         | 13,4                          | 55,5                   | 2528                          | 5,17                |
|                                                                             |                                                 | 73,1                         | 14,0                          | 59,1                   | 2464                          | 5,22                |

Примечание: \* - протравливание семян – фон, \*\* - фон + пестициды по вегетации культуры

Наиболее высокий уровень окупаемости общих затрат наблюдался в технологии, основанной на поверхностной обработке почвы с комплексом средств защиты в сочетании с подкормкой аммиачной селитрой, составивший 5,22 руб./руб. Внесение полного минерального удобрения в дозе N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> снижало этот показатель на 0,61 руб./руб. или на 11,7%, а двойной дозы – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – на 1,22 руб./руб. или на 22,3%. Себестоимость одной тонны зерна, при этом, повысилась на 10,8 и 20,6% соответственно.

### Заключение

Таким образом, по результатам наших исследований в технологиях выращивания озимой пшеницы в зернопаровом севообороте наряду с традиционной отвальной обработкой возможно применение обработок без оборота пласта – безотвальной и поверхностной. При этом применение поверхностной обработки наиболее эффективно в системе комбинированной отвально-поверхностной обработки в севообороте.

Комплексное применение удобрений и средств защиты растений повышает урожайность культуры на 0,39 т/га или на 7,2%. В тоже время это приводит к увеличению затрат, что ухудшает экономические показатели. Более высокий уровень окупаемости затрат 5,22 руб./руб. и наименьшую себестоимость одной тонны зерна (2464 руб.) обеспечивает технология с весенней подкормкой аммиачной селитрой в дозе N<sub>30</sub> в комплексе со средствами защиты растений. Исключение в технологиях средств защиты растений в течение вегетации и внесение повышенных доз минеральных удобрений приводит к ухудшению экономических показателей производства зерна.

### Литература

1. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. // Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1130-1139. doi: 10.1134/S0032180 X 19070062.
2. Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Продуктивность и экономическая эффективность зернопарового севооборота в зависимости от агротехнологий. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 1 (49). – С. 97-104, doi: 1024412/2309-348X-2024-1-97-104
3. Сабитов М.М., Захаров С.А. Ресурсосберегающие модели технологий возделывания яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т.-16. – № 3 (63). – С.53-58.
4. Турусов В.И., Гармашов В.М., Дронова Н.В. Эффективность систем обработки почвы и средств интенсификации при возделывании озимой пшеницы в условиях ЦЧЗ. // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 7. – С. 68-70.
5. Сабитов М.М., Шарипова Р.Б. Эффективность способов обработки почвы и средств химизации в зернопаровом севообороте. // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. – 29. – № 10. – С 31-34.
6. Воронцов В.А. Концепция технологии основной обработки чернозёмных почв на основе энерго- и ресурсосберегающих приёмов в северо-восточном регионе Центрального Черноземья. – Тамбов: Принт-Сервис. – 2018. – 74 с.
7. Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Влияние основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 4 (40). – С.53-58, doi:1024412/2309-348X-2021-4-53-58.
8. Шабалкин А.В., Иванова О.М., Скорочкин Ю.П., Воронцов В.А. [и др.]. Технология выращивания озимой пшеницы в Тамбовской области. / И-во науки и высшего образования РФ, Тамбовский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». – Тамбов. Принт-Сервис. – 2019. – 158 с.
9. Шабалкин А.В., Драчёва М.К., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Реакция ячменя на средства интенсификации и приёмы обработки чернозёмных почв в северо-восточном регионе Черноземья. // Земледелие. – 2022. – № 6. – С. 41-45. doi: 24412/0044-3913-2022-6-41-45.

### References

1. Kiryushin V.I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape farming systems. *Soil science*. - 2019.- No. 9.- pp.1130-1139.- DOI: 10.1134/S0032180 X 19070062. (in Russian)
2. Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. Productivity and economic efficiency of grain-fallow crop rotation depending on agricultural technologies // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. – 2024.- No.1(49). – Pp.97-104, DOI: 1024412/2309-348X-2024-1-97-104

3. Sabitov M.M., Zakharov S.A. Resource-saving models of spring wheat cultivation technologies in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. - 2021.- Vol. 16.- No. 3 (63).- Pp. 53-58. (in Russian)
4. Turusov V.I., Garmashov V.M., Dronova N.V. Efficiency of soil treatment systems and means of intensification in the cultivation of winter wheat in the conditions of the Central. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. - 2015. - Vol. 29.- No. 7. - Pp. 68-70. (in Russian)
5. Sabitov M.M., Sharipova R.B. Effectiveness of soil tillage methods and chemicalization agents in grain-steam crop rotation. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. - 2015. - Vol. 29. - No. 10. - Pp. 31-34. (in Russian)
6. Vorontsov V.A. The concept of technology of basic processing of chernozem soils based on energy- and resource-saving techniques in the north-eastern region of the Central Chernozem region. *Tambov: Print-Service*.- 2018. – 74 p.
7. Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. The influence of primary tillage, fertilizers and plant protection products on the productivity of winter wheat // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. –2021.- No.4(40). – Pp.53-58, DOI:1024412/2309-348X-2021-4-53-58
8. Shabalkin A.V., Ivanova O.M., Skorochkin Yu.P., Vorontsov V.A. [et al.]. Technology of growing winter wheat in the Tambov region. Institute of Science and Higher Education of the Russian Federation, Tambov Research Institute - branch of the Federal State Budgetary Scientific Research Center named after. I.V. Michurin". *Tambov Print-Service*, - 2019. – 158 p.
9. Shabalkin A.V., Dracheva M.K., Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. Reaction of barley to means of intensification and methods of processing chernozem soils in the north-eastern region of the Chernozem region. *Agriculture*.- 2022.- No. 6.- pp.41-45. - DOI: 24412/0044-3913-2022-6-41-45.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ПЕРВИЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ

**К.И. ГОРБАЧЕВ**, аспирант, zaq8000@mail.ru

**Н.С. ШПИЛЕВ**, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: shpilev.ns@yandex.ru

**Л.В. ЛЕБЕДЬКО**, старший преподаватель, E-mail: liudmila.lebedko@yandex.ru

**О.А. ЗАЙЦЕВА**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

***Аннотация.** В данной статье изложены результаты возможности изменения существующей схемы первичного семеноводства зерновых культур на примере озимой тритикале. Установлено, что предлагаемая схема имеет ряд преимуществ: во-первых, ускоряет получение оригинальных семян; во-вторых, увеличивает вероятность сохранения сорта, по которому ведётся семеноводство, позволяет получить семена с более высокими посевными и урожайными свойствами.*

*Выявлено, что разреженный посев в соответствии с авторской методикой предполагает в питомниках размножения первого и второго года уменьшение нормы высева до 1 млн. всхожих семян на один гектар, что обеспечивает увеличение коэффициента размножения. Установлено, что семена, полученные по авторской методике, позволяют повысить урожайность посевов тритикале в среднем за два года на 4,45 ц/га. Используемые схемы первичного семеноводства дают возможность получать семена с высокими посевными свойствами и полностью соответствующие ГОСТу по сортовой чистоте и по всхожести. Авторская методика сокращает сроки получения питомников размножения на два года. За проводимые четырёхлетние исследования установлено, что авторская методика позволяет за этот период получить высококачественные семена питомника размножения четвёртого года в объёме – 146080,6 центнеров, в то время, как при использовании стандартной схемы первичного семеноводства было получено – 19224,0 центнеров семян питомника размножения второго года. Увеличение количества семян за счёт применения авторской методики составило 126856,6, что более чем в 7,6 раз превосходит эффективность стандартной схемы первичного семеноводства, при этом урожайные свойства семян также положительно отличаются.*

**Ключевые слова:** электрофорез, тритикале, мутации, фенотип, линия, коэффициент размножения, сортообновление.

**Для цитирования:** Горбачев К.И., Шпилев Н.С., Лебедько Л.В., Зайцева О.А. Совершенствование схемы первичного семеноводства озимой тритикале. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):178-183. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-178-183

## IMPROVING THE SCHEME OF PRIMARY SEED PRODUCTION OF WINTER TRITICALE

**K.I. Gorbachev, N.S. Shpilev, L.V. Lebedko, O.A. Zaitseva**

FSBEE HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY, Russian Federation

***Abstract:** This article presents the results of the possibility of changing the existing scheme of primary seed production of grain crops using winter triticale as an example. It has been established that the proposed scheme has a number of advantages: firstly, it accelerates the production of original seeds; secondly, it increases the probability of preserving the variety used for seed production, and allows obtaining seeds with higher sowing and yield properties.*

*It was found that sparse seeding in accordance with the author's method involves reducing the seeding rate in the first and second year propagation nurseries to 1 million viable seeds per hectare, which ensures an increase in the propagation coefficient. It has been established that seeds obtained using the author's method make it possible to increase the yield of triticale crops by an average of 4.45 c/ha over two years. The primary seed production schemes used make it possible to obtain seeds with high sowing properties and fully complying with GOST in terms of varietal purity and germination. The author's method reduces the time required to obtain propagation nurseries by two years. During the four-year research it was established that the author's method allows for obtaining high-quality seeds of the fourth-year propagation nursery in the amount of 146,080.6 centners during this period, while using the standard scheme of primary seed production, 19,224.0 centners of seeds of the second-year propagation nursery were obtained. The increase in the number of seeds due to the use of the author's method was 126856.6, which is more than 7.6 times higher than the efficiency of the standard primary seed production scheme, while the yield properties of the seeds also differ positively.*

**Keywords:** electrophoresis, triticale, mutations, phenotype, line, reproduction coefficient, variety renewal.

### Введение

Интенсификация производства продукции растениеводства возможна только при условии повышения урожайности возделываемых сортов, прежде всего зерновых сельскохозяйственных культур. Факторов повышения урожайности у современных производителей достаточно много. В долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года в качестве приоритетного направления развития рассматривается и её научно-техническое обеспечение, а именно – создание технологий производства семян высшей категории [1, 2].

Доля семян массовых репродукций достигает в Российской Федерации 30%, а некондиционных семян – 40%. Посев такими семенами позволяет реализовать генетический потенциал возделываемого сорта не более чем на 30%. Многие исследователи, изучавшие значение качества посевного материала, отмечали его огромную роль в повышении урожайности зерновых культур. Задача семеноводческих технологий возделывания сортов заключается в том, чтобы сохранить сорт, получить семена с высокими посевными и урожайными свойствами, увеличить коэффициент размножения [3, 4].

Тритикале обладает уникальными характеристиками по потребительским свойствам и огромной потенциальной урожайностью. Проведённые исследования показали, что содержание протеина в зерне тритикале не ниже 15%, в то время как у сильной пшеницы этот показатель не должен быть ниже 14%, а у ржи – 12%. Следовательно, зерно тритикале имеет самый высокий показатель среди зерновых культур по содержанию протеина. Потенциал урожайности тритикале также является не достижимым для других зерновых культур. Максимально выявленная масса зерна тритикале с колоса составляла 7 грамм, а число продуктивных стеблей одного растения – 18. Такие показатели мы получали на разреженных посевах. При удовлетворении всех потребностей растений тритикале вполне достижим мировой рекорд, полученный озимой пшеницей, как по урожайности, так и сбору протеина с одного гектара [5, 6].

Однако площадь посевов тритикале в Российской Федерации имеет тенденцию к снижению. По данным Росстата посевные площади озимой тритикале в 2010 г. составляли 152,54 тыс. га, а в 2022 г. – 110,30 тыс. га, сходная динамика прослеживается и в Центральном регионе. Урожайность зерна озимой тритикале в среднем по Российской Федерации составила 29,9 ц/га. Результаты государственного сортоиспытания новых сортов тритикале показывают достойную урожайность. Сорт Форте в Нижегородской области сформировал урожайность зерна 114,8 ц/га, и в 2022 г. этот сорт был допущен к производственному использованию в 3, 4, 5, 6, 7, 8 регионах.

Причин не реализации генетического потенциала тритикале в производственных условиях может быть много, и одна из главных, по нашему мнению, недостаточно разработанные методы как первичного, так и элитного семеноводства [7].

Существующая схема первичного семеноводства зерновых культур, которая основана на оценке соответствия отбираемых и размножаемых линий генотипа сорта по фенотипу имеет ряд ограничений, если не сказать больше [8]. Она даже теоретически не может выполнять поставленные перед ней задачи, прежде всего из-за накопления мутаций.

Постоянное увеличение мутагенной нагрузки (пестициды, уровень радиации, удобрений при их неправильном использовании и т.д.) приводят к ускорению ухудшения сортов в результате накопления мутаций. Появившиеся мутации по фенотипу выявить проблематично, если совсем невозможно. Это касается прежде всего наследственных изменений свойств сортов, которые определяют не только качественные показатели, но и урожайность.

Существующая схема первичного семеноводства зерновых культур предполагает отбор типичных растений для данного сорта, и их оценку на протяжении двух лет по фенотипу в питомнике испытания потомств первого года (ПИП 1) и питомнике испытания потомств второго года (ПИП 2), однако, мутации могут затрагивать не только сортовые признаки, определяемые соответствием отбираемых растений сорту, по которому мы ведём семеноводство, но и свойства, визуальное определение которых практически невозможно. Полученные посевы из семян с использованием стандартной схемы первичного семеноводства зерновых культур, проверенные с использованием электрофореза показывают, что даже элитные посевы не соответствуют ГОСТу по сортовой чистоте [8].

Изложенная информация показывает, что тритикале является перспективной зерновой культурой. Основная задача сельскохозяйственных товаропроизводителей – сохранить, и максимально эффективно использовать генетический потенциал сорта [9]. Существующая схема первичного семеноводства имеет серьёзные ограничения, а излагаемая проблема является чрезвычайно актуальной как с научной, так и с практической точки зрения. Этим и объясняется цель наших исследований – установить преимущества авторского способа воспроизводства сортов озимой тритикале.

#### **Материал и методика исследований**

Первичное семеноводство проводили по двум схемам: стандартная и авторская. Использовали семена озимой тритикале сорта Рондо. Авторская методика <sup>1</sup> (патент № 2558255) предполагает отбор типичных для данного сорта растений с использованием электрофореза (метод Упелниака) <sup>2</sup> потомство которых объединяли и высевали с нормой высева 1 млн. всхожих семян на 1 га в питомнике размножения первого года широкорядным способом. Полученные семена по такой же технологии высевали в питомник размножения второго года. Питомник размножения третьего года, полученный по авторской методике и питомник размножения первого года, полученный по стандартной схеме, изучали по единой методике. Посев проводили в оптимальные сроки с нормой высева 4 млн./га всхожих семян, система удобрений N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> под предпосевную культивацию и N<sub>30</sub> весенняя подкормка. Биологическую урожайность определяли по результатам анализа структуры урожайности 100 растений: число стеблей (шт./1м<sup>2</sup>), масса зерна одного колоса. Выравненность зерна определяли на рефракционной колонке с набором решет шириной отверстий: 3,5; 3,0; 2,8; 2,5; 2,2; 1,8 мм. Отбор типичных для данного сорта растений проводили с использованием авторской методики. Отбор типичных для сорта растений при использовании стандартной схемы первичного семеноводства для закладки ПИП 1 проводили с посевов суперэлиты в

<sup>1</sup> Способ воспроизводства сортов зерновых культур / Н.С. Шпилев, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, Л.В. Лебедько/ Патент на изобретение RUS 2558255 05.12.2013.

<sup>2</sup> Лабораторный анализ белков семян пшеницы: технологическая инструкция «Диагностика сортового соответствия и чистоты семян пшеницы»: методическое пособие / В.П. Упелниак [др.]; Российская акад. наук, Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Ин-т общ. генетики им. Н. И. Вавилова РАН. Москва: Ин-т общей генетики, 2013. 173 с.

объёме 500 колосьев. При выращивании ПИП 1 и ПИП 2 проводили браковку линий по фенотипу.

Исследования проводились с 2019 по 2023 годы на полях опытной станции Брянского ГАУ. Посев и уборку питомника испытания первого года осуществляли вручную, в последующих питомниках разных схем семеноводства посев проводили сеялкой СЗУ-3,6, уборку – комбайном Terrion 2010. Для сравнительного анализа урожайных свойств семян посев проводили на делянках площадью 50 м<sup>2</sup> в трёхкратной повторности с нормой высева 4 млн. всхожих семян на один гектар, при массе 1000 семян в среднем 50 грамм, в весовом выражении норма высева составила 2 ц/га. Математическую обработку проводили по Б.А. Доспехову (1985).

### Результаты исследований и их обсуждение

По сравнению спектров глиаина, полученных с использованием электрофореза, проводили выбраковку отклоняющихся генотипов, объём которых составил 19%. Потомства оставшихся 58 колосьев, в среднем по 100 зёрен в колосе, объединили и высевали в питомники размножения первого года на площади 58 м<sup>2</sup>, с нормой высева 1 млн. всхожих семян на один га в 2019 г. (табл. 1).

Таблица 1

### Результаты использования разных схем первичного семеноводства

| Годы | Стандартная схема  |                  |             |                   |                 | Авторская схема |             |                   |                 | НСР <sub>0,25</sub> |
|------|--------------------|------------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|---------------------|
|      | Питомник           | Количество линий | Площадь, га | Урожайность, ц/га | Валовый сбор, ц | Питомник        | Площадь, га | Урожайность, ц/га | Валовый сбор, ц |                     |
| 2020 | ПИП 1              | 390              | 0,0195      | -                 | -               | Р-1             | 0,0058      | 109,7             | 0,636           | -                   |
| 2021 | ПИП 2              | 365              | 0,1825      | 76,0              | 13,8            | Р-2             | 1,2         | 79,4              | 92,3            | -                   |
| 2022 | Размножения 1 года | -                | 6,8         | 75,1              | 510,6           | Р-3             | 46,1        | 79,1              | 3646,5          | 2,1                 |
| 2023 | Размножения 2 года | -                | 255,3       | 75,3              | 19224,0*        | Р-4             | 1823,5*     | 80,1              | 146080,6*       | 1,6                 |

\*-расчётные данные

В 2020 г. при урожайности 109,7 ц/га собрали 0,635 центнеров, при этом коэффициент размножения составил 219, что позволило посеять с такой же нормой высева 1,2 га питомника размножения второго года. При урожайности 79,4 ц/га было собрано 92,3 центнера, что обеспечило возможность заложить питомник размножения третьего года, с нормой высева 4 млн. всхожих семян на один гектар (данная норма рекомендована в Центральном регионе) на площади 46,1 га с урожайностью 79,1 ц/га и валовым сбором 3646,5 ц. Учитывая, что количество получаемых семян превосходило объём необходимый для объективной оценки проводимых исследований в 2022 г. посев проводили на площади, обеспечивающей объективную оценку урожайности изучаемых вариантов.

Используя стандартную схему первичного семеноводства в 2019 г. отобрали 500 линий по сортовым признакам, которые высели в питомник испытания потомств первого года. В течение вегетации браковка составила 22% и в результате мы смогли в 2020 г. заложить ПИП-2 в количестве 390 линий, после браковки которых осталось к уборке 365 линий. При урожайности 76 ц/га с ПИП-2 собрали 7,3 ц и заложили питомник размножения первого года с нормой высева 4 млн. всхожих семян на 1 га. на площади 13,8 га, с которых в 2022 г. собрали 510,6 ц.

Расчёты показывают, что в 2023 г. возможно получить, используя стандартную схему первичного семеноводства 19224,0 ц. семян питомника размножения второго года, а

использование авторской методики обеспечило получение 146080,6 ц. семян питомника размножения четвёртого года.

Такая эффективность обеспечена более высоким коэффициентом размножения в первые два года, а также за счёт увеличения урожайных свойств семян, полученных по авторской методике. Превышение урожайности было достоверно выше в 2022 и 2023 гг. и составило в среднем за два года 4,45 ц/га. Использование авторского способа воспроизводства сортов зерновых культур позволит своевременно проводить сортообновление и в полной мере реализовать генетический потенциал сорта.

В последующие годы норма высева, сравнивая обе схемы, составляла 5 млн. всхожих семян на 1га, которая рекомендована в нашем регионе, что в весовом показателе соответствовало 2 ц/га.

Разреженный посев способствует значительному увеличению кустистости, при этом растёт разница между колосьями по массе и крупности зерновок. Такая закономерность проявлялась и делянках ПИП-1 и ПИП-2, но причина в том, что около 30% растений произрастали под влиянием краевого эффекта.

Таблица 2

### Фракционный состав семян

| Показатель | Стандартная схема |     |    |    | Авторская схема |     |    |     |
|------------|-------------------|-----|----|----|-----------------|-----|----|-----|
|            | 3,5               | 3,0 | 28 | 25 | 35              | 3,0 | 28 | 2,5 |
| Ширина     | 10                | 36  | 39 | 9  | 19              | 47  | 29 | 5   |
| Процент    |                   |     |    |    |                 |     |    |     |

В варианте авторской методики большая часть семян была представлена более крупными фракциями.

Уменьшение нормы высева первые два года в авторской схеме позволяет увеличить коэффициент размножения свыше 250, что значительно способствует получению большего количества для посева и для страхового фонда. При проведении первичного семеноводства по стандартной схеме в питомнике испытания потомств первого года выбраковка нетипичных линий по фенотипу составила 22%, а в ПИП -2 – 11%.

Высокая урожайность сформировалась благодаря крупному колосу, число колосков в колосе достигало 36, высокой озернёности – до 3,3 зерновок в колоске, а также плотному стеблестоя для разреженных посевов – 288 продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup>.

Посевы, полученные из семян, произведённых по авторской методике, отличались высокой выравненностью стеблестоя, и проведённая апробация в 2022 г. по методике питомника размножения второго года установила 100% сортовую чистоту. Сортвая чистота посевов из семян, полученных по стандартной методике, составила 99,8%. Отличающиеся растения от эталона сорта характеризовались разной высотой растений, формой колоса, характеристикой остей.

### Заключение

Таким образом использование электрофореза позволяет отбирать генотипы, полностью соответствующие эталону сорта. Разреженный посев обеспечивает значительное увеличение коэффициента размножения, что способствует ускорению получения количества оригинальных семян.

Авторский способ позволяет получить семена со 100% сортовой чистотой, которые обладают высокой урожайностью.

### Предложения

1. Целесообразно шире проводить первичное семеноводство, используя авторский способ, что обеспечит не только получение высококачественных семян, но и выполнение задач паспортизации сортов.

2. Питомники размножения первого и второго года по авторской методике необходимо высевать с уменьшением нормы высева до 1 млн. всхожих семян на гектар, что обеспечивает увеличение коэффициента размножения.

### Литература

1. Каракулев В.В., Сухарева В.Н., Петрова Г.В., Павленко О.В. Семеноводство как основной фактор повышения урожайности зерновых культур. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2(34). – С. 195-199.
2. Малько А.М., Андросова О.В. Деятельность технического комитета в области семеноводства ТК 359 «Семена и посадочный материал». // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 91. – С. 206-210. – DOI 10.21515/1999-1703-91-206-210.
3. Лачуга Ю.Ф., Плугатарь Ю.В., Трубилин А.И. Современное состояние и перспективы развития семеноводства в Российской Федерации. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 72. – С. 9-24.
4. Моисеев А.В. Механизм устойчивого развития системы селекции и семеноводства в регионе // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 101. – С. 36-41. – DOI 10.21515/1999-1703-101-36-41.
5. Гончаров Н.П. Научное обеспечение селекции и семеноводства Сибири в XXI в. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 448-459. – DOI 10.18699/VJ21.050.
6. Шпилев Н.С., Ториков В.Е., Сычѳв С.М., Лебедько Л.В., Сычѳва И.В. Инновации в селекционно-семеноводческом процессе зерновых культур. // Аграрная наука. – 2022. – № 9. – С. 92-97. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-362-9-92-97.
7. Шпилев Н.С., Лебедько Л.В., Шепелев С.И., Ториков В.Е., Мельникова О.Н. Использование тритикале в кормопроизводстве. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 12. – С. 54-60. – DOI 10.26898/0370-8799-2023-12-6.
8. 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.
9. Сычѳв С.М., Храмченкова А.О., Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н., Полухин А.А. Возможности и приоритеты развития агропромышленного комплекса Брянской области. // Аграрная наука. – 2022. – № 9. – С. 84-91. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-362-9-84-91.

### References

1. Karakulev V.V., Sukhareva V.N., Petrova G.V., Pavlenko O.V. Seed production as the main factor in increasing the yield of grain crops. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 2(34), pp. 195-199. (in Russian)
2. Mal'ko A.M., Androsova O.V. Activities of the technical committee in the field of seed production TC 359 "Seeds and planting material". *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, no. 91, pp. 206-210. (in Russian)
3. Lachuga Yu.F., Plugatar' Yu.V., Trubilin A.I. Current state and prospects for the development of seed production in the Russian Federation. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, no. 72, pp. 9-24. (in Russian)
4. Moiseev A.V. Mechanism for sustainable development of the breeding and seed production system in the region. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, no. 101, pp. 36-41. (in Russian)
5. Goncharov N.P. Scientific support for breeding and seed production in Siberia in the 21st century. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2021, Vol. 25, no. 4, pp. 448-459. (in Russian)
6. Shpilev N.S., Torikov V.E., Sychev S.M., Lebed'ko L.V., Sycheva I.V. Innovations in the breeding and seed production process of grain crops. *Agrarnaya nauka*, 2022, no. 9, pp. 92-97. (in Russian)
7. Shpilev N.S., Lebed'ko L.V., S.I. Shepelev, Torikov V.E., Mel'nikova O.N. Use of triticale in forage production. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2023, Vol. 53, no. 12, pp. 54-60. (in Russian)
8. 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.
9. Sychev S.M., Khranchenkova A.O., Kuz'mitskaya A.A., Korosteleva O.N., Polukhin A.A. Opportunities and priorities for the development of the agro-industrial complex of the Bryansk region. *Agrarnaya nauka*, 2022, no. 9, pp. 84-91. (in Russian)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ГОЛОЗЁРНОГО И ПЛЁНЧАТОГО ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

**А.Н. ГУСЬКОВА**, ORCID ID: 0009-0003-4958-510X  
**В.С. СИДОРЕНКО**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0000-0002-9921-6105  
**Ж.В. СТАРИКОВА**, научный сотрудник  
**Д.В. НАУМКИН**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация.** В статье приводятся экспериментальные данные по изучению селекционного материала голозёрного и плёнчатого ярового ячменя по показателям структурного анализа и качеству зерна. Выявлены селекционные сорта с высоким содержанием белка и крахмала – Стрелецкий голозерный, Нудум 18. Сорт Стрелецкий голозерный имеет содержание белка в зерне 15,2% и крахмала 55,7%, что на 2,2% выше нормы, а содержание крахмала соответствует норме. У сорта Нудум 18 содержание белка выше нормы на 1,9%, а 55,2% крахмала считается нормой. Перспективными для дальнейшей селекции ярового ячменя на крупяные цели являются сорт плёнчатого ячменя разновидности нутанс – Стрелец 30 и разновидности нудум сорт Стрелецкий голозёрный.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, сорт, селекционная линия, структурный анализ, показатели качества зерна.

**Для цитирования:** Гуськова А.Н., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Наумкин Д.В. Результаты изучения новых сортов и линий голозёрного и плёнчатого ярового ячменя по показателям структурного анализа и качеству зерна. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):184-188. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-184-188

## RESULTS OF THE STUDY OF NEW VARIETIES AND LINES OF BARE-GRAIN AND FILMY SPRING BARLEY IN TERMS OF STRUCTURAL ANALYSIS AND GRAIN QUALITY INDICATORS

**A. N. Guskova, V.S. Sidorenko, Zh.V.Starikova, D. V. Naumkin**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** *This article presents experimental data on the study of spring barley breeding material on the indicators of structural analysis and grain quality. The breeding varieties with high protein and starch content were identified: Streltsky golozerny (bare grain), Nudum 18. Streltsky holozerny variety has protein content in grain 15.2% and starch content 55.7%, which is 2.2% higher than the norm, and starch content corresponds to the norm. The Nudum 18 variety has 1.9% higher protein than the norm, and 55.2% starch content is considered normal. Promising for further breeding of spring barley for cereal purposes are Strelts 30 and Streltsky golozerny varieties of Nutans Strelts and Nudum varieties of Nudum.*

**Keywords:** spring barley, variety, breeding line, structural analysis, grain quality indicators.

### Введение

В мире сельского хозяйства яровой ячмень занимает особое место, представляя собой не только источник питания, но и символ устойчивого развития. Эта культура, обладая

выдающимися адаптивными свойствами, успешно растёт в самых различных климатических условиях, от суровых северных регионов до тёплых южных широт. Ячмень используется на кормовые и пищевые цели, а также в качестве сырья для пивоваренной промышленности. Поэтому важно создание плёнчатых и голозёрных сортов различного направления использования [1, 2, 3]. Одна из основных задач селекции сельскохозяйственных культур – создание высокоурожайных сортов. Новые сорта ярового ячменя представляют собой результат многолетней работы селекционеров, направленной на повышение устойчивости к неблагоприятным климатическим условиям и улучшение продуктивности. Эти сорта характеризуются высокой урожайностью и адаптивностью к различным почвенно-климатическим зонам [3].

Благодаря исследованиям и генетическим разработкам, новые сорта ярового ячменя открывают другие горизонты для сельского хозяйства, способствуя устойчивому развитию и удовлетворению растущих потребностей населения [4, 5].

**Цель исследований** – сравнительная оценка новых сортов и линий голозёрного и плёнчатого ярового ячменя по показателям структурного анализа и качеству зерна.

#### **Материалы и методика исследований**

Исследования проведены в 2023 и 2024 гг. в селекционном севообороте ФНЦ ЗБК. Объектами исследований являлись высокопродуктивные сорта и новые селекционные линии ярового ячменя: голозёрного (гл.) – Омский голозёрный, Стрелецкий голозёрный, Нудум 18, Целесте 17, Нудум 15, Р29/15 х Нудум 15, Р29/15 х Целесте 17, и плёнчатого (пл.) - Стрелец 30, Атаман, ТСХА 15, Винницкий, Михайловский, Радонеж, Грейс, Тонус, Риск, Вакула, Гранал х Гарант, Эректум х Нудум, рекомендованные для выращивания в центральных регионах РФ, созданные в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур.

Экспериментальные посевы были размещены на полях №1, №2 севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Микрорельеф участка выровненный. По основным физико-химическим показателям почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны.

В эксперименте по испытанию новых сортов каждая тестируемая делянка имела площадь 7,5 м<sup>2</sup>. На каждом участке было 11 рядов, расстояние между рядами составляло 15 см. Участки были распределены случайным образом с повторением от 3 до 5 раз (Б.А. Доспехов, 1985). Посев проводился с помощью селекционной сеялки СКС-6-10 (варианты с порциями и кассетами) с нормой высева 5 млн. всхожих семян на гектар. Пробы растений для анализа структуры урожая собирались по мере созревания сортов. Из каждого участка отбирали по 25 растений с корнями. Анализ структуры урожая включает 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).

#### **Результаты и их обсуждение**

В период проведения исследований в 2023 г. были созданы условия испытания, аналогичные предыдущим экспериментам. По результатам структурного анализа в сортоиспытании в 2023 году были выявлены различия между сортообразцами по отдельным признакам и продуктивности колоса.

Высота растений колебалась от 61 см у сорта Винницкий до 85 см у сорта Стрелецкий голозерный. Наиболее устойчивы к полеганию были короткостебельные сорта Атаман, Винницкий, ТСХА 15. Наиболее высокий показатель **продуктивной кустистости**, который связан с массой зерна с растения и сухой массой растения, отмечен у сортов: ТСХА 15 и Стрелецкий голозерный. Лучшими фенотипами по **длине колоса, массе колоса, числу зерен с колоса и массе зерна с главного колоса (МЗК)** являются сорта ТСХА 15 и Стрелецкий голозерный. Можно выделить сорт Целесте 17 с высокой продуктивностью главного колоса более 1,8 г. Высокой массой 1000 зерен (МТЗ более 58 г) характеризовались сорт ТСХА 15 и Стрелецкий голозерный (табл. 1).

Во время исследований, проведенных в 2024 году, были созданы условия, сходные с теми, что использовались в предыдущем году.

В результате структурного анализа в испытании сортов в 2024 году были обнаружены различия между образцами по отдельным характеристикам и урожайности колоса.

Высота растений колебалась от 57 см у сорта ТСХА 15 до 85 см у сорта Стрелецкий голозёрный. Наиболее устойчивы к полеганию были короткостебельные сорта Стрелец 30, Атаман, ТСХА 15. Наиболее высокий показатель **продуктивной кустистости**, который связан с массой зерна с растения и сухой массой растений, отмечен у сортов: Стрелец 30, Стрелецкий голозёрный, Винницкий, ТСХА 15. Лучшими фенотипами **по длине колоса, массе колоса, числу зерен с колоса и массе зерна с главного колоса (МЗК)** являются сорта Целесте 17, Стрелецкий голозёрный и Стрелец 30. Можно выделить сорт Целесте 17 с высокой продуктивностью главного колоса более 1,8 г. Высокой массой 1000 зерен (МТЗ более 58 г) характеризовался сорт Стрелецкий голозёрный (табл. 1).

Таблица 1

Элементы структуры урожая сортов и линий ярового ячменя

| Сорт                    | Высота, см |      | Продуктивная кустистость, шт. |      | Длина колоса, см |      | Число зёрен с колоса, шт. |      | Масса зерна колоса, г |      | Масса 1000 зёрен, г |      |
|-------------------------|------------|------|-------------------------------|------|------------------|------|---------------------------|------|-----------------------|------|---------------------|------|
|                         | 2023       | 2024 | 2023                          | 2024 | 2023             | 2024 | 2023                      | 2024 | 2023                  | 2024 | 2023                | 2024 |
| Стрелец 30 пл.          | 81,3       | 66,5 | 3,8                           | 5,6  | 7,7              | 10,1 | 21,4                      | 20,6 | 1,4                   | 1,1  | 52,8                | 49,9 |
| Атаман пл.              | 69,1       | 60,7 | 3,2                           | 3,4  | 6,5              | 9,9  | 20,6                      | 25,4 | 1,3                   | 1,3  | 51,3                | 52,3 |
| ТСХА 15 пл.             | 65,7       | 57,2 | 6,2                           | 4,9  | 8,4              | 10,4 | 24,0                      | 23,1 | 1,6                   | 1,3  | 59,5                | 56,1 |
| Винницкий пл.           | 61,5       | 61,2 | 3,5                           | 4,7  | 7,3              | 10,9 | 20,6                      | 21,6 | 1,2                   | 1,1  | 52,2                | 52,2 |
| Стрелецкий голозёрный   | 85,9       | 73,2 | 4,8                           | 4,1  | 8,3              | 11,6 | 20,5                      | 21,2 | 1,4                   | 1,2  | 56,7                | 58,6 |
| Нудум 18 гл.            | 84,9       | 72,3 | 5,0                           | 3,6  | 7,6              | 9,8  | 22,3                      | 20,4 | 1,4                   | 1,1  | 49,8                | 50,5 |
| Целесте 17 гл.          | 80,3       | 67,5 | 3,6                           | 2,7  | 6,1              | 8,6  | 39,0                      | 44,3 | 1,9                   | 1,8  | 38,1                | 41,1 |
| <b>Среднее по опыту</b> | 74,7       | 65,5 | 4,5                           | 4,1  | 7,7              | 10,2 | 23,7                      | 25,2 | 1,5                   | 1,3  | 52,3                | 51,5 |
| <b>НСР 05</b>           | 10,8       | 7,0  | 1,2                           | 1,3  | 1,0              | 1,0  | 5,5                       | 12,7 | 0,2                   | 0,5  | 6,0                 | 7,1  |

В 2024 году дополнительно были высеяны сорта Михайловский, Радонеж, Грейс, Тонус, Риск, Нудум 15, Вакула) и селекционные линии ( Р29/15 х Нудум15, Р29/15 х Целесте17, Гранал х Гарант, Эректум х Нудум).

Результаты дисперсионного анализа указывают на высокую точность опыта (1,23%), высокое влияние вариантов (87%) и на существенные различия между плёнчатыми и

голозёрными сортообразцами по урожайности. Урожайность сортообразцов в 2024 г. колебалась от 4,9 до 6,15 т/га, в 2023 г. – от 3,3 до 6,5 т/га. Размах варьирования по урожайности составил более 1,25 т/га. Наиболее высокая урожайность в конкурсном сортоиспытании голозерного ярового ячменя отмечена у селекционной двурядной линии Нудум 18 – 5,40 т/га при урожайности стандартного сорта Стрелецкий голозерный – 4,88 т/га (НСР<sub>05</sub> – 0,19 т/га). Урожайность пленчатых сортообразцов ярового ячменя колебалась от 5,16 до 6,15 т/га, что выше урожайности 2023 г. (4,53 т/га). Максимальная урожайность (6,152 т/га) отмечена у сорта ТСХА 15, что существенно выше стандарта сорта Атаман (5,576 т/га) (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты дисперсионного анализа урожайности (т/га) лучших сортообразцов ярового ячменя, 2023-2024 гг.**

| Сорт, линия           | Повторность    | Среднее         | Дисперсия    | Ср.кв.от кл. | Ошибка              | Точность % |
|-----------------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------|------------|
| Стрелец 30, пл.       | 4              | 5,762           | 0,051        | 0,227        | 0,113               | 1,967      |
| Атаман, пл.           | 4              | 5,576           | 0,048        | 0,219        | 0,110               | 1,966      |
| ТСХА 15, пл.          | 4              | 6,152           | 0,057        | 0,239        | 0,120               | 1,944      |
| Винницкий, пл.        | 4              | 5,445           | 0,019        | 0,139        | 0,070               | 1,279      |
| Стрелецкий голозёрный | 4              | 4,884           | 0,014        | 0,119        | 0,059               | 1,213      |
| Целесте 17, гл.       | 4              | 4,630           | 0,138        | 0,371        | 0,186               | 4,010      |
| Нудум 18, гл.         | 4              | 5,405           | 0,014        | 0,120        | 0,060               | 1,109      |
| По опыту              | 44             | 5,461           | 0,247        | 0,497        | 0,075               | 1,371      |
| НСР <sub>05</sub>     |                | 0,189           |              |              |                     |            |
| Источники вариации    | Сумма кв.      | Степени свободы | Дисперсия    | Fфакт        | Fтаб <sub>095</sub> | Влияние %  |
| Общее                 | 10,61          | 43              |              |              |                     | 100        |
| Повторений            | 0,78           | 3               |              |              |                     | 7,4        |
| Вариантов             | 9,29           | 10              | 0,93         | 51,72        | 2,2                 | 87,5       |
| Случайное             | 0,54           | 30              | 0,02         |              |                     | 5,1        |
|                       | Ош.ср.=        | 0,067           | Точ.опыт а%= | 1,23         | Ош. разности =      | 0,09       |
|                       | Кр.Стьюдент а= | 2               | НСР=         | 0,189        |                     |            |

Наибольшая продуктивность колоса отмечены у пленчатого сорта ТСХА 15 и голозерной формы Целесте 17. Крупнозерность характерна для сорта Стрелецкий голозерный (масса 1000 семян -57 г) и пленчатого сорта ТСХА 15 – (59 г). Более высокое содержание белка наблюдалось у голозерных сортообразцов – 14,0-15,5%.

Выявлены селекционные сорта с высоким содержанием белка и крахмала: Стрелецкий голозерный, Нудум 18. Сорт Стрелецкий голозерный имеет содержание белка в зерне 15,2% и крахмала 55,7%, что на 2.2% выше нормы, а содержание крахмала соответствует норме. В семенах Нудум 18 содержание белка выше нормы на 1,9%, а 55,2% крахмала считается нормой.

**Заключение**

Таким образом, перспективными для дальнейшей селекции ярового ячменя на крупяные цели являются сорт плёнчатого ячменя разновидности нутанс Стрелец 30 и разновидности нудум сорт Стрелецкий голозёрный. Оба сорта переданы в 2022 году на государственное сортоиспытание.

Плёнчатый сорт Стрелец 30 высокоурожайный, среднеранний, вегетационный период 83 суток, короткостебельный, высота растений 72 см. Обладает высокой устойчивостью к

полеганию и засухоустойчивостью. Устойчив к пыльной головне, толерантен к мучнистой росе и гельминтоспориозу. Средняя урожайность за годы конкурсного изучения в ФНЦ ЗБК составила 4,26 т/га, что на 0,77 т/га выше стандартного сорта Атаман. Масса 1000 зерен в среднем за годы изучения составила 51,7 г. Среднее содержание белка в зерне 15,3 %, крахмала 53,9%, выход крупы 59,0%, натура зерна 679 г/л. По качеству – ценный ячмень. Сорт передан на ГСИ ФНЦ ЗБК совместно с ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Сорт **Стрелецкий голозёрный** высококачественный, среднеранний, короткостебельный, высота растений 73 см. Обладает высокой засухоустойчивостью. Высокоустойчив к бурой ржавчине, толерантен к мучнистой росе. Средняя урожайность за годы изучения в конкурсном сортоиспытании ФНЦ ЗБК составила 3,84 т/га, что на 0,32 т/га выше стандартного сорта Омский голозёрный. Масса 1000 зерен в среднем за годы изучения составила 43,6 г. Среднее содержание белка в зерне 16,7%, крахмала 54,7%, натура зерна 806 г/л. По качеству – ценный ячмень. Сорт передан на ГСИ ФНЦ ЗБК совместно с Самарским научным центром РАН.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FGZZ-2022-0006 Управление селекционным процессом создания новых сортов и генотипов зерновых, зернобобовых и крупяных культур с высокоценными признаками продуктивности, качества, повышенной устойчивостью к био- и абиострессорам).*

#### Литература

1. Коновалов Ю.Б., Сидоренко В.С. Связь урожайности и продуктивности сортов ярового ячменя с элементами структуры урожая и другими показателями. // Известия ТСХА. – 1990. – Вып. 4. – С. 74-81.
2. 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.
3. Аниськов Н.И. Голозёрный ячмень в Западной Сибири. //Зерновое хозяйство. – 2008. – № 1-2. – С. 20-21
4. Михкельман В.А, Кадиков Р.К., Мельников А.В., Рубцова, А.А. Надёжность оценки селекционного материала в конкурсном сортоиспытании. // Агробиотехнология-2021: материалы международной научной конференции. – Москва: Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева. – 2021. – 1288 с.
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 .

#### References

1. Konovalov Yu.B., Sidorenko V.S. Correlation of yield and productivity of spring barley varieties with elements of yield structure and other indicators. *Izvestiya TSKhA*, 1990, Iss. 4, pp.74-81. (In Russian)
2. Sidorenko V.S., Naumkin D.V., Kostromicheva V.A., Starikova Zh.V., Ukhova F.V. Prospects for breeding bare-grain barley and oats in Central Russia. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no.1(17), pp.78-83.
3. Anis'kov N.I. Bare-grain barley in Western Siberia. *Zernovoe khozyaistvo*. 2008, no.1-2, pp. 20-21
4. Mikhkel'man V.A, Kadikov R.K., Mel'nikov A.V., Rubtsova A.A. Reliability of breeding material evaluation in competitive variety testing. *Agrobiotechnology-2021: Proceedings of the International Scientific Conference*, Moscow: Russian State Agrarian University - Timiryazev Moscow Agricultural Academy, 2021, 1288 p. (In Russian)
5. Doroshenko E S., Filippov E.G., Dontsova A.A. Sidorenko V.S. Study of bare-grain varieties of spring barley in the conditions of the North Caucasus. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no.2(30), pp.132-138 .

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРОЖАЙНОСТИ И ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ НОВЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**О.В. ЛЕВАКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0000-0002-5400-669X, E-mail: levakova.olga@bk.ru

**В.Ю. СОКОЛ**

ИНСТИТУТ СЕМЕНОВОДСТВА И АГРОТЕХНОЛОГИЙ – ФИЛИАЛ ФГБНУ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ

***Аннотация.** В условиях лесостепной зоны Рязанской области на полях лаборатории селекции и первичного семеноводства ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ с 2022 по 2024 годы были проанализированы данные урожайности и элементов продуктивности новых сортов ячменя ярового. Объект исследований – сорта ячменя Знатный, Рафаэль и Любояр, включённые в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2020, 2022 и 2023 годах соответственно. Наивысшие урожайности у выделенных сортов получены в засушливом (ГТК=0,9) 2023 году, минимальные – в слабозасушливом (ГТК=1,2) 2024 году. Анализ корреляционной зависимости выявил отрицательную зависимость между урожайностью сортов и ГТК за вегетационный период ( $r = -0,541 \dots -0,895$ ). Установлено, что наибольшие длина колоса (7,8-8,3 см), количество зерен в колосе (21,6-25,8 шт.) и масса зерна с колоса (0,97-1,43 г) имеет сорт Знатный. Самое крупное зерно имеет сорт Любояр – масса 1000 зерен 47,0-56,5 г. Наибольшими числом продуктивных стеблей (656-854 шт./м<sup>2</sup>) и коэффициентом кущения (2,1-3,2) обладает сорт Рафаэль. Выявлено, что наибольшее влияние на урожайность имеет зерновая продуктивность колоса, а именно: масса зерна с колоса и масса 1000 зерен ( $r = +0,550 \dots +0,964$ ). Выявлена отрицательная сопряженность урожайности с количеством продуктивных стеблей и коэффициентом кущения ( $r = -0,749 \dots +0,927$ ). Предельная величина урожайности в данные годы зафиксирована у сорта Любояр – 8,10 т/га и 4,14 т/га соответственно. Средняя урожайность выделенных для исследования сортов составила 6,13 т/га у сорта Знатный, 6,02 т/га у сорта Рафаэль и 6,50 т/га у сорта Любояр. Полученные данные позволили выделить новый сорт ячменя ярового Любояр, имеющий самую высокую среднюю урожайность – 6,50 т/га (+ 6,0-8,0 % к сравниваемым сортам) и массу 1000 зерен – 52 г (+7,4-15,0 % к сравниваемым сортам).*

***Ключевые слова:** ячмень яровой, новые сорта, урожайность, элементы продуктивности, корреляция, содержание белка.*

***Для цитирования:** 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):189-196. DOI: 10.24412/2309-348X-2024- 4-189-196*

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PRODUCTIVITY AND ELEMENTS OF PRODUCTIVITY OF NEW VARIETIES OF SPRING BARLEY IN THE CONDITIONS OF THE RYAZAN REGION

**O.V. Levakova, V.Yu. Sokol**

INSTITUTE OF SEED PRODUCTION AND AGRICULTURAL TECHNOLOGY – BRANCH  
OF THE FEDERAL BUDGET RESEARCH INSTITUTION FEDERAL SCIENTIFIC  
AGRICULTURAL ENGINEERING CENTER VIM

**Abstract.** *In the conditions of the forest–steppe zone of the Ryazan region, data on yields and productivity elements of new varieties of spring barley were analyzed in the fields of the laboratory of breeding and primary seed production of the ISA branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM from 2022 to 2024. The object of research is Znatnyj, Raphael and Lyuboyar barley varieties included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation in 2020, 2022 and 2023, respectively. The highest yields of the selected varieties were obtained in the arid (GTK = 0.9) year 2023, the minimum – in the slightly arid (GTK = 1.2) year 2024. Correlation analysis revealed a negative relationship between the yield of varieties and GTK during the growing season ( $r = -0.541 \dots -0.895$ ). It was found that the largest ear length (7.8-8.3 cm), the number of grains in the ear (21.6-25.8 pcs.) and the weight of grain from the ear (0.97-1.43 g) has a Znatnyj variety. The largest grain has the Lyuboyar variety – the mass of 1000 grains is 47.0-56.5 g. The Raphael variety has the largest number of productive stems (656-854 pcs. /m<sup>2</sup>) and the tillering coefficient (2.1-3.2). It was revealed that the grain productivity of the ear has the greatest impact on productivity, namely: the weight of grain from the ear and the weight of 1000 grains ( $r = +0.550 \dots +0.964$ ). A negative correlation of yield with the number of productive stems and the tillering coefficient ( $r = -0.749 \dots +0.927$ ) was revealed. The maximum yield in these years was recorded for the Lyuboyar variety – 8.10 t/ha and 4.14 t/ha, respectively. The average yield of the varieties selected for the study was 6.13 t/ha for the Znatnyj variety, 6.02 t/ha for the Rafael variety and 6.50 t/ha for the Lyuboyar variety. The data obtained made it possible to identify a new variety of spring barley Lyuboyar, which has the highest average yield – 6.50 t/ha (+ 6.0-8.0% to the compared varieties) and a weight of 1000 grains – 52 g (+7.4-15.0% to the compared varieties).*

**Keywords:** spring barley, new varieties, yield, productivity elements, correlation, protein content.

### Введение

По производству ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и занятым под этой культурой площадям Россия занимает первое место в мире. Как скороспелая, засухоустойчивая и солевыносливая культура ячмень возделывается практически во всех регионах страны, легко приспосабливаясь к контрастным условиям климата и разнообразию почв [1, 2, 3].

Производство ячменя в Российской Федерации в среднем составляет около 19,5 млн. т. В период с 2018–2020 гг. была зафиксирована устойчивая тенденция к увеличению объемов производства ячменя с 17,0 млн. т (2018 г.) до 20,8 млн. т. (2020 г.). Затем в 2021 г. произошло снижение количества объемов произведенного ячменя до уровня 18,0 млн. т, а в 2022 г., напротив, отмечалась положительная динамика по стабилизации производства ячменя до рекордных 21,5 млн. т [4].

В настоящее время повышение продовольственной безопасности страны является одной из основных стратегий развития растениеводческой отрасли России. Получение стабильной урожайности с высоким качеством позволит не только создать стратегические запасы, но также увеличить экспорт зерна на международный рынок [4, 5].

Одним из наиболее эффективных путей достижения данной цели является селекция. Результаты селекции помогают производителям ячменя получать более устойчивые и продуктивные сорта, что положительно сказывается на качестве и объемах его производства [6]. Распространение новых сортов – один из наиболее доступных, энергосберегающих и экономически оправданных способов увеличения валовых сборов зерна в сельскохозяйственном производстве.

Полученные данные в конкретных условиях выращивания помогут правильно определить потенциал использования выделенных сортов.

Уровень развития и доведения до производства новых коммерческих генотипов агрокультур в растениеводстве является репрезентативным и рентабельным развитием АПК РФ. Создание сортов ячменя, адаптированных к местным природно-климатическим условиям способствует стабилизации урожайности по годам, повышению ее нижнего порога и позволяет ускоренно и качественно производить сортосмену в своем регионе [7, 8, 9].

**Цель исследований** – сравнительная характеристика урожайности и структурных элементов продуктивности новых коммерческих сортов ячменя ярового в условиях лесостепной зоны Рязанской области.

### Материалы и методы

Работы по изучению продуктивности ярового ячменя вели на полях лаборатории селекции и первичного семеноводства ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в лесостепной агроклиматической зоне Рязанской области в 2022–2024 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания. Объект исследований – новые коммерческие сорта ячменя ярового, оригинаторами и патентообладателями которых являются ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» и ФГБНУ ФНАЦ ВИМ: Знатный (включён в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Центральному (3) региону, 2020 год), Рафаэль (включён в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Северо-Западному (2), Центральному (3) и Волго-Вятскому (4) регионам, 2022 год), Любояр (включён в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Северо-Западному (2), Центральному (3) и Волго-Вятскому (4) регионам, 2023 год).

Закладку опыта, учеты и наблюдения осуществляли согласно Методике полевого опыта Б.А. Доспехова (2014), Государственного сортоиспытания (2019) и Методическим указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса (2012). Закладку питомника проводили в III декаде апреля - I декаде мая шестирядковой сеялкой ССКФ-7М по типу полевого опыта (площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторений 4) по предшественнику «чистый пар». Норма высева составляла 500 всхожих зерен на 1,0 м<sup>2</sup>. Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения из расчета (NPK) 64 д.в. в виде азофоски (N16P16K16).

Учетные площадки S=0,25 м<sup>2</sup> для изучения элементов структуры каждого сорта убирали вручную при наступлении фазы полной спелости зерна, определяли количество растений к уборке, количество колосьев и на основе этих данных вычисляли коэффициент продуктивной кустистости.

Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по Г.Т. Селянинову (1937).

Разнообразие климатических условий за годы исследований позволили оценить сорта по урожайности (табл. 1).

Таблица 1

### Гидротермический коэффициент, количество осадков и среднесуточные температуры в различные вегетационные периоды

| Год (ГТК)           | Параметры       | Май    |      |      |                        | Июнь   |      |      |                        | Июль   |      |      |                        |
|---------------------|-----------------|--------|------|------|------------------------|--------|------|------|------------------------|--------|------|------|------------------------|
|                     |                 | Декады |      |      | Средне<br>меся<br>чная | Декады |      |      | Средне<br>меся<br>чная | Декады |      |      | Средне<br>меся<br>чная |
|                     |                 | I      | II   | III  |                        | I      | II   | III  |                        | I      | II   | III  |                        |
| 2022<br>(ГТК 0,53)  | Осадки, мм      | 19,6   | 16,4 | 13,6 | 49,6                   | 17,1   | 15,6 | 8,0  | 40,7                   | -      | 8,7  | 7,3  | 16,0                   |
|                     | Температура, °С | 12,3   | 12,4 | 15,4 | 13,4                   | 20,7   | 20,9 | 22,5 | 21,4                   | 25,4   | 22,1 | 24,4 | 23,4                   |
| 2023<br>(ГТК 0,9)   | Осадки, мм      | 2,4    | 0    | 6,5  | 8,9                    | 3,2    | 0,8  | 31,5 | 35,5                   | 18,1   | 21,0 | 43,3 | 82,4                   |
|                     | Температура, °С | 10,0   | 17,9 | 19,7 | 15,9                   | 19,3   | 21,2 | 19,0 | 19,8                   | 22,9   | 18,7 | 21,9 | 21,2                   |
| 2024<br>(ГТК 1,2)   | Осадки, мм      | 39,6   | 2,2  | 0,0  | 41,8                   | 6,0    | 58,4 | 12,1 | 76,5                   | 37,6   | 49,2 | 14,5 | 101,3                  |
|                     | Температура, °С | 9,0    | 13,0 | 21,9 | 14,6                   | 24,3   | 23,7 | 21,9 | 23,3                   | 26,4   | 25,7 | 21,7 | 24,6                   |
| Средне-<br>голетняя | Осадки, мм      | 11     | 12   | 14   | 37                     | 16     | 17   | 19   | 52                     | 20     | 22   | 22   | 64                     |
|                     | Температура, °С | 10,7   | 12,8 | 14,6 | 12,7                   | 15,8   | 16,6 | 17,4 | 16,6                   | 18,3   | 18,9 | 19,3 | 18,8                   |

Вегетационный период 2022 года являлся очень засушливым (ГТК=0,53). Сильная засуха проявилась в июле, среднесуточная температура имела повышенные значения – дневные температуры достигали до +28 °С ...+34 °С, а среднесуточные на 5,2 °С больше среднемноголетних значений. Вегетационный период 2023 года характеризовался засушливым по гидротермическому коэффициенту – ГТК=0,90. Температурный режим практически соответствовал среднемноголетним значениям, а осадки выпадали крайне неравномерно и в виде ливневых дождей. Но важные этапы органогенеза (кущение, выход в

трубку, колошение) проходили со значительным недобором влаги в почве. Вегетационный период 2024 года был неустойчивым. Количество осадков за вегетацию (май – июль) превысило многолетнюю норму за этот же период на 43,5%, причем в период активного кущения (2 декада мая) осадков выпало меньше нормы на 81,7%, а в момент налива зерна и его созревания осадков было больше на 58,3%. ГТК=1,2 (слабозасушливый). Уборку питомника производили селекционным комбайном Сампо-130. После уборки зерно с делянок взвешивали и приводили к 14,0% влажности с соответственным пересчетом в т/га.

Биохимические показатели качества зерна ячменя (содержание белка, %) определены методом ИК – инфракрасной спектроскопии с использованием прибора Unity Scientific Spectra Star 2400, подсчет массы 1000 семян осуществляли с помощью автоматического счетчика семян SLY-C Plus. Статистическую обработку экспериментальных данных методами дисперсионного и корреляционного анализов провели по соответствующей методике с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel и «Diana».

### Результаты и их обсуждение

Основной признак ценности сорта – урожайность. Результаты исследований сортов ячменя ярового в 2022-2024 гг. показали, что урожайность существенно изменялась в зависимости от периода вегетации. Так, средняя урожайность выделенных для исследования сортов составила 6,13 т/га у сорта Знатный, 6,02 т/га у сорта Рафаэль и 6,50 т/га у сорта Любояр (табл. 2).

Условия вегетации за анализируемый период исследований были резко контрастными. Наивысшие урожайности у выделенных сортов получены в засушливом 2023 году, минимальные – в слабозасушливом 2024 году. Предельная величина урожайности в данные годы зафиксирована у сорта Любояр – 8,10 т/га и 4,14 т/га соответственно. В очень засушливый 2022 год высокую урожайность из выделенных сортов имел Знатный – 7,71 т/га. Выделяя преимущества исследованных сортов по биометрическим показателям, являющимся, главным образом, сортовыми признаками, установлено, что наибольшую длину колоса (7,8-8,3 см), количество зерен в нем (21,6-25,8 шт.) и массу зерна с колоса (0,97-1,43 г) имеет сорт Знатный. Самое крупное зерно имеет сорт Любояр – масса 1000 зерен 47,0-56,5 г. Наибольшими числом продуктивных стеблей (656-854 шт./м<sup>2</sup>) и коэффициентом кущения (2,1-3,2) обладает сорт Рафаэль.

При анализе корреляционной зависимости средних значений сортов по структурным показателям установлено, что наибольшее влияние на урожайность имеет зерновая продуктивность колоса, а именно: масса зерна с колоса и масса 1000 зерен ( $r=+0,550\dots+0,964$ ). Выявлена отрицательная сопряженность урожайности с количеством продуктивных стеблей и коэффициентом кущения ( $r=-0,749\dots+0,927$ ).

Устанавливая причины снижения или увеличения урожайности, связанной большей частью с изменением структурных элементов продуктивности, выявили, что один и тот же количественный показатель влияет на урожайность неодинаково в разные годы. В очень засушливый 2022 год урожайность сортов очень сильно зависела от длины колоса, числа зерен в колосе и массы зерна с колоса ( $r=+0,961\dots+0,993$ ). В засушливом 2023 году на урожайность повлияло число продуктивных стеблей ( $r=+0,991$ ). Слабозасушливый 2024 год имел среднюю связь урожайности с высотой растений и массой 1000 зерен ( $r=+0,620\dots+0,798$ ). Таким образом, в зависимости от условий вегетации урожайность сортов определяет в основном то один, то другой структурный элемент сорта.

Таблица 2

**Сортовые показатели содержания белка в зерне, урожайности и элементов ее структуры, 2022-2024 гг.**

| Название сорта                              | Нр      | ПС      | КК      | Lk      | КЗ      | mk      | m1000   | У    | Pr    |
|---------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|-------|
| <b>2022 год</b>                             |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| Знатный                                     | 73      | 600     | 2,4     | 8,3     | 24,4    | 1,25    | 50,8    | 7,71 | 13,51 |
| Рафаэль                                     | 62      | 854     | 3,2     | 6,7     | 18,4    | 0,84    | 44,9    | 6,27 | 12,27 |
| Любояр                                      | 85      | 744     | 2,4     | 7,7     | 21,9    | 1,24    | 56,5    | 7,27 | 12,94 |
| НСР <sub>05</sub>                           | 1,3     | 15,6    | 0,13    | 0,21    | 1,6     | 0,11    | 1,8     | 0,78 | 0,19  |
| Сопряженность показателей с урожайностью, г |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| х                                           | +0,659* | -0,956* | -0,954* | +0,997* | +0,993* | +0,961* | +0,685* | х    | х     |
| <b>2023 год</b>                             |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| Знатный                                     | 77      | 572     | 1,7     | 8,1     | 25,8    | 1,43    | 51,7    | 7,16 | 12,90 |
| Рафаэль                                     | 65      | 656     | 2,1     | 6,4     | 23,0    | 1,00    | 49,5    | 7,89 | 12,94 |
| Любояр                                      | 76      | 664     | 1,7     | 7,1     | 21,6    | 1,26    | 52,4    | 8,10 | 12,58 |
| НСР <sub>05</sub>                           | 1,6     | 16,2    | 0,11    | 0,19    | 1,2     | 0,13    | 1,1     | 0,48 | 0,22  |
| Сопряженность показателей с урожайностью, г |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| х                                           | -0,375  | +0,991* | +0,304  | -0,804* | -0,993* | -0,654* | -0,075  | х    | х     |
| <b>2024 год</b>                             |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| Знатный                                     | 60      | 772     | 2,8     | 7,8     | 21,6    | 0,97    | 42,8    | 3,53 | 11,71 |
| Рафаэль                                     | 60      | 744     | 2,7     | 6,8     | 17,9    | 0,92    | 41,3    | 3,90 | 11,08 |
| Любояр                                      | 68      | 496     | 2,0     | 8,0     | 22,7    | 1,02    | 47,0    | 4,14 | 11,72 |
| НСР <sub>05</sub>                           | 0,9     | 18,3    | 0,16    | 0,14    | 1,7     | 0,15    | 1,4     | 0,42 | 0,21  |
| Сопряженность показателей с урожайностью, г |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| х                                           | +0,798* | -0,850* | -0,862* | +0,034  | +0,098  | +0,390  | +0,620* | х    | х     |
| <b>Среднее</b>                              |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| Знатный                                     | 78      | 648     | 2,3     | 8,1     | 23,9    | 1,22    | 48,4    | 6,13 | 12,71 |
| Рафаэль                                     | 62      | 751     | 2,7     | 6,6     | 19,8    | 0,92    | 45,2    | 6,02 | 12,10 |
| Любояр                                      | 76      | 635     | 2,0     | 7,6     | 22,1    | 1,17    | 52,0    | 6,50 | 12,41 |
| Сопряженность показателей с урожайностью, г |         |         |         |         |         |         |         |      |       |
| х                                           | +0,588* | -0,749* | -0,927* | +0,399* | +0,287  | +0,555* | +0,964* | х    | х     |

59,0 ≥ Р ьтсонтяорев яаньлетиревод\*

рН :еиначемирП\*\* – высота растений, см; ПС – количество продуктивных стеблей, шт/м<sup>2</sup>; Lk – длина колоса, см; КК – коэффициент кущения.; КЗ – количество зерен в колосе, шт.; mk – масса зерна с колоса, г; m1000 – масса 1000 зерен, г; У – урожайность, т/га; Pr – содержание белка в зерне, %.

Анализ корреляционной зависимости выявил отрицательную зависимость между урожайностью сортов и ГТК за период вегетации (r= -0,541...-0,895).

Многие исследователи в своих работах ссылаются на высокий вклад фактора «условия года» в изменчивость признака «урожайность» (до 93,0%) [10, 11]. Наши исследования выявили аналогичную тенденцию. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа (p=0,05) выявлен существенный вклад условий выращивания (фактор А – год) в формирование признака «урожайность» сортов ячменя ярового – 73,4%, влияние генотипа сорта (фактор В – сорт) был на уровне 5,1%. Доля взаимодействия факторов (А × В) составила 20,3%, неучтенный фактор составил 1,2% (рисунок).

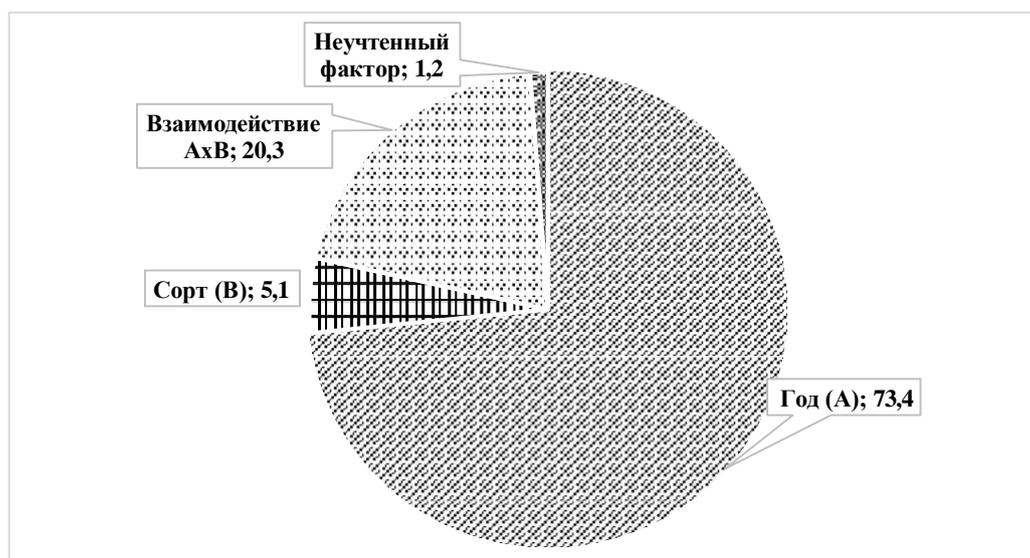


Рис. Влияние факторов (%) на формирование признака «урожайность» (2022-2024 гг.)

Все сорта относятся к зернофуражному направлению использования – содержание белка в зерне в среднем составляет от 12,10% (Рафаэль) до 12,71% (Знатный). Ключевая роль в формировании сырого протеина в зерне ярового ячменя принадлежит гидротермическим условиям периода вегетации [12,13]. Наибольшим накоплением белка характеризуется очень засушливый 2022 год (12,27-13,54%), наименьшим – слабозасушливый 2024 год (11,08-11,72%). Прослеживается достоверная отрицательная связь между накоплением белка в зерне и ГТК вегетационного периода –  $r = -0,584 \dots -0,970$ .

Новые сорта относятся к среднеспелой группе по вегетационному периоду (83-87 дней), являются устойчивыми к полеганию и высокоустойчивыми к комплексу грибных заболеваний (на естественном фоне) (табл. 3).

Таблица 3

**Устойчивость исследуемых сортов ячменя ярового к полеганию и болезням  
Среднее 2022-2024 гг.**

| Название сорта | Вегетационный период, дни | Устойчивость к полеганию, балл | Поражение пыльной головней, % | Устойчивость к листовым болезням, балл |                      |                |
|----------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|----------------------|----------------|
|                |                           |                                |                               | темно-бурая пятнистость                | сетчатая пятнистость | мучнистая роса |
| Знатный        | 87                        | 8,3                            | 0,02                          | 8,7                                    | 8,6                  | 8,5            |
| Рафаэль        | 85                        | 8,4                            | 0,01                          | 8,8                                    | 8,7                  | 8,6            |
| Любояр         | 83                        | 8,3                            | 0,02                          | 8,8                                    | 8,7                  | 8,6            |

**Заключение**

Таким образом, сорт ячменя ярового Любояр по сравнению с другими сортами показал самую высокую урожайность – 6,50 т/га (+ 6,0-8,0 % к сравниваемым сортам) и массу 1000 зерен – 52 г (+7,4-15,0 % к сравниваемым сортам), среднюю длину колоса (7,6 см), оптимальное количество зерен в колосе (22,1 шт.) и вес зерна с колоса (1,17 г). Сорт среднеспелый (83 дня), характеризуется среднерослостью (76 см), устойчивостью к полеганию (8,3 балла), высокой устойчивостью к грибным листовым болезням (8,6-8,8 баллов) и пыльной головне (0,02 %).

**Литература**

1. Прядун Ю.П., Шаталина Л.П. Результаты экологического испытания сортов ярового ячменя в южной лесостепи Южного Урала. // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 5(220). – С. 12-20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-12-20

2. Соколов А.А., Виноградов Д.В. Продуктивность ярового ячменя при использовании различной предпосевной обработки семян. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 1 (29). – С. 47-50.
3. Лупова Е.И., Питюрина И.С., Виноградов Д.В., Балабко П.Н., Гогмачадзе Г.Д. Использование гуматов в технологии производства ярового ячменя. Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». – 2023. – № 1 (55).
4. Филенко Г. А., Донцова А. А., Скворцова Ю. Г. Оценка производства и мониторинг сортового состава высеванных семян озимого ячменя в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. – 2024. – Т. 16. – № 4. – С. 60-66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-60-66.
5. Николаев П.Н., Юсова О.А., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области. // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 12 (203). – С. 22-34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34
6. Хлыстунов В.Ф., Донцова А.А., Донцов Д.П. Результаты оценки перспективных сортов и линий озимого ячменя. // Зерновое хозяйство России. – 2024. – Т. 16. – № 3. – С. 60-67. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-60-67.
7. Голова Т.Г., Ершова Л.А. Изменение хозяйственных показателей ячменя в связи с сортосменой. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 1 (49). – С. 77-86. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-77-86
8. Левакова О.В., Гладышева О.В., Ерошенко Л.М. Хозяйственно ценные показатели ячменя Любояр. // Аграрная наука. – 2024. – № 381(4). – С. 75-9. DOI:10.32634/0869-8155-2024-381-4-75-79
9. Левакова О.В. Селекционная работа по созданию адаптированных к Нечерноземной зоне РФ сортов ярового ячменя и перспективы развития данной культуры в Рязанской области // Зерновое хозяйство России. – 2021 – № 1 (1) – С. 14-19. DOI:10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19
10. 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
11. 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
12. Юсова О.А., Николаев П.Н. Селекция ярового ячменя на высокое качество зерна // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – № 1 (33). – С. 148-157. DOI: 10.5281/zenodo.7898562
13. Батакова О.Б., Корелина В.А., Зобнина И.В. Оценка селекционного материала ячменя ярового на продуктивность и содержание белка в зерне // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2 (62). – С. 43-49. DOI:10.18268/1816-4501-2023-2-43-49

#### References

1. Pryadun Yu.P., Shatalina L.P. Results of ecological testing of spring barley varieties in the southern forest-steppe of the Southern Urals. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2022, no. 5(220), pp. 12-20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-12-20 (In Russian)
2. Sokolov A.A., Vinogradov D.V. Productivity of spring barley when using various pre-sowing seed treatment. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2016, no.1 (29), pp. 47-50 (In Russian)
3. Lupova E.I., Tyurina I.S., Vinogradov D.V., Balabko P.N., Gogmachadze G.D. The use of humates in the production technology of spring barley. *Elektronnyj nauchno-proizvodstvennyj zhurnal «AgroEkoInfo»*, 2023, no. 1 (55) (In Russian)
4. Filenko G. A., Dontsova A. A., Skvortsova Yu. G. Assessment of production and monitoring of the varietal composition of sown winter barley seeds in the Rostov region. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*, 2024, V. 16, no. 4, pp. 60-66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-60-66 (In Russian)

5. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Safonova I.V., Aniskov N.I. Realization of biological yield of spring barley in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2020, no. 12(203), pp. 22-34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34 (In Russian)
6. Khlystunov V.F., Dontsova A.A., Dontsov D.P. Results of evaluation of promising varieties and lines of winter barley. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*, 2024, V. 16, no. 3, pp. 60-67. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-60-67 (In Russian)
7. Golova T.G., Ershova L.A. Change in economic indicators of barley in connection with variety change. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no. 1(49), pp. 77-86. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-77-86 (In Russian)
8. Levakova O.V., Gladysheva O.V., Eroshenko L.M. Economically valuable indicators of Lyuboyar barley. *Agrarnaya nauka*, 2024, no.381(4), pp.75–79. DOI:10.32634/0869-8155-2024-381-4-75-79 (In Russian)
9. Levakova O.V. Breeding work on the creation of varieties of spring barley adapted to the Non-Chernozem zone of the Russian Federation and prospects for the development of this crop in the Ryazan region. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*, 2021, no. 1(1), pp.14-19. DOI:10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19 (In Russian)
10. Maksimov R.A., Kiselev Yu.A. Comparative assessment of adaptability and stability of the Chepelev Memory barley variety. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, V. 33, no. 6, pp. 33-36. DOI:10.24411/0235-2451-2019- 10608 (In Russian)
11. Levakova O.V., Eroshenko L.M., Eroshenko A.N., et all. 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. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2021, no. 3, pp. 30-33. DOI:10.28983/asj.y2021i3pp30-33 (In Russian)
12. Yusova O.A., Nikolayev P.N. Breeding of spring barley for high grain quality. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki*. 2023, no. 1 (33), pp. 148-157. DOI: 10.5281/zenodo.7898562 (In Russian)
13. Batakova O.B., Korelina V.A., Zobnina I.V. Assessment of spring barley breeding material for productivity and protein content in grain. *Vestnik Ul'yanovskoy Gosudarstvennoy Sel'skokhozyaystvennoy Akademii*, 2023, no, 2 (62), pp. 43-49. DOI: 10.18268/1816-4501-2023-2-43-49 (In Russian)

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ И НОРМ ВЫСЕВА ЛЮПИНА В СМЕСИ С РАЗНЫМИ ФОРМАМИ ОВСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ЗЕРНО В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

**В.В. КОНОНЧУК**, доктор сельскохозяйственных наук

E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

**С.М. ТИМОШЕНКО, В.Д. ШТЫРХУНОВ, Т.О. НАЗАРОВА, Е.А. ТУЛИНОВА,**

кандидаты сельскохозяйственных наук

**В.Ф. КИРДИН**, доктор сельскохозяйственных наук

**Г.Б. МОРОЗОВА, Т.В. СМОЛИНА**, научные сотрудники

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

*На среднекультуренной дерново-подзолистой почве Центра Нечерноземной зоны России в достаточной степени обеспеченной элементами питания наиболее высокая продуктивность люпино-овсяной смеси на зерно с участием как пленчатой, так и голозерной формы злакового компонента создавалась в условиях нормального или даже избыточного увлажнения при посеве нормой высева люпина в смеси 1,6 млн/га по фону  $P_{60}K_{60}$  и  $N_{50}P_{60}K_{60}$  соответственно.*

*Урожайность зерна при этом составляла 4,8-5,0 т/га, накопление сырого протеина и обменной энергии 0,9-1,3 т/га, 61-63 ГДж/га. Ухудшение условий увлажнения в сторону засушливости снижало величины рассматриваемых показателей в среднем на 30-35% или до 2,6-36,5 т/га, 0,3-0,5 т/га и 32-46 ГДж/га соответственно.*

**Ключевые слова:** люпин узколистный, смешанные посевы, урожайность, качество, погода, дерново-подзолистая почва, удобрение, нормы высева.

**Для цитирования:** Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунув В.Д., Назарова Т.О., Тулинова Е.А., Кирдин В.Ф., Морозова Г.Б., Смолина Т.В. Оптимизация системы удобрения и норм высева люпина в смеси с разными формами овса при выращивании на зерно в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 4(52):197-204. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-197-204

## OPTIMIZATION OF THE FERTILIZER SYSTEM AND SEEDING RATES OF LUPIN MIXED WITH DIFFERENT FORMS OF OATS WHEN GROWN FOR GRAIN IN THE CHANGING CLIMATE OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

**V.V. Kononchuk, S.M. Timoshenko, V.D. Shtyrkhunov, T.O. Nazarova, E.A. Tulinova, V.F. Kirdin, G.B. Morozova, T.V. Smolina**

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

**Abstract:** *On the medium-cultivated sod-podzolic soil of the Center of the Non-Chernozem zone of Russia, sufficiently provided with nutrients, the highest productivity of the lupine-oat mixture for grain with the participation of both the filmy and naked forms of the cereal component was created under conditions of normal or even excessive moisture during sowing by the lupine seeding rate in a mixture of 1.6 million/ha according to the background  $P_{60}K_{60}$  and  $N_{50}P_{60}K_{60}$  accordingly.*

*Grain yield was 4.8-5.0 t/ha, accumulation of crude protein and metabolic energy 0.9-1.3 t/ha, 61-63 GJ/ha. The deterioration of humidification conditions towards aridity reduced the values of*

*the considered indicators by an average of 30-35% or up to 2.6-36.5 t/ha, 0.3-0.5 t/ha and 32-46 GJ/ha, respectively.*

**Keywords:** narrow-leaved lupine, mixed crops, yield, quality, weather, sod-podzolic soil, fertilizer, seeding rates.

### Введение

Глобальные климатические изменения в Центре Нечерноземной зоны Российской Федерации в настоящее время проявляются через запоздание и непредсказуемость осадков, в волнах тепла, засухах разной продолжительности. Зимой наблюдается снижение сильных волн холода и больше оттепелей, летом – больше волн тепла, интенсивнее ливни, чаще чередуются периоды засушливости и высокого увлажнения на протяжении одной весенне-летней вегетации сельскохозяйственных культур [1]. Все это отрицательно сказывается на растениеводстве региона в целом и на продуктивности полевого кормопроизводства в частности.

Для стабилизации на более высоком уровне объемов производства собственных концентрированных кормов, сбалансированных по протеину и энергии, в изменяющемся климате необходимо не только расширение видового разнообразия с включением культур с разной реакцией на метеорологические условия в течение вегетации, но и совершенствование таких элементов агротехнологии, как норма высева компонентов в смешанных бобово-злаковых посевах и система удобрения, особенно с учетом реакции на минеральный азот.

**Цель исследования** – изучение влияния удобрений и разных норм высева бобового компонента на зерновую продуктивность люпино-овсяной смеси с участием пленчатой и голозерной формы злакового компонента в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья.

### Материалы и методы исследований

Исследования по изучению эффективности удобрений и норм высева люпина узколистного на зерновую продуктивность в смеси с разными формами овса изучали в 2019-2023 гг. в серии комплексных краткосрочных полевых опытов на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», неподалеку от аэропорта «Внуково».

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, с глубины 60 см подстилаемая суглинистой мореной. Весной в начале вегетации (1-2 пары настоящих листьев люпина, начало кущения овса), в пахотном (0-20 см) слое в разные годы содержалось: гумуса 1,5-2,1%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в 0,2н НСl – вытяжке (по Кирсанову) 160-350 мг/кг и 130-220 мг/кг соответственно, рН<sub>КСl</sub> 4,5-6,7, Нг 0,94-3,50 мг-экв/100 г с подкислением от начала к концу исследований, которое не оказывало влияния на урожайность зерна и его качество (табл. 1).

Таблица 1

### Агрохимическая характеристика почвы. Слой 0-20 см

| Год  | Показатели  |                   |                     |                               |                  |
|------|-------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
|      | Гумус,<br>% | рН <sub>КСl</sub> | Нг,<br>мг-экв/100 г | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|      |             |                   |                     | (по Кирсанову, мг/кг)         |                  |
| 2019 | 1,5-1,7     | 5,3-6,7           | 0,94-2,62           | 160-300                       | 130-220          |
| 2020 | 1,8-2,1     | 5,3-5,8           | 2,50-2,70           | 190-220                       | 130-180          |
| 2021 | 1,6-1,8     | 5,2-5,6           | 2,30-3,50           | 180-220                       | 160-200          |
| 2022 | 1,8-2,1     | 4,6-4,9           | 2,70-3,34           | 250-350                       | 180-220          |
| 2023 | 1,6-1,9     | 4,7-5,6           | 1,51-2,87           | 150-240                       | 120-180          |

Методом расщепленной делянки в опыте изучали эффективность двух вариантов удобрения P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>50</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (фактор А), на которые накладывали два варианта с нормами высева люпина 1,6 и 1,8 млн/га (фактор В) в чистом и смешанном яровыми зерновыми посевах, представленными яровой пшеницей, ячменем и овсом пленчатой и голозерной форм, которые высевали также и в чистом посеве для изучения азотфиксирующей способности люпина. Повторность четырехкратная, общая площадь делянки первого порядка 192 м<sup>2</sup>, второго – 96 м<sup>2</sup>.

Предшественник – яровые зерновые, сорта люпина узколистного детерминантного типа – Ладный (2019-2022 гг.) и Деко 2 (2023 г.), сорта пленчатого овса – Яков (2019-2020 гг.), Залп (2021 г.), голозерного – Азиль (2021-2023 гг.). Полная норма высева овса в чистом посеве – 4,5 млн/га, половинная (в смеси) – 2,25 млн/га.

Агротехника общепринятая, кроме изучаемых элементов, включала лущение стерни предшественника, внесение фосфорно-калийных удобрений (аммофос 8:52 + бесхлорное калийное удобрение, 56% K<sub>2</sub>O, 2019-2020 гг., РК(S) 20:20(2) ООО «ФосАгро», 2021-2023гг.) фоном, разбрасывателем центробежного типа Amazone ZA-M, культурную вспашку с полным оборотом пласта на 20-22 см. Весной, по мере созревания почвы, поле бороновали с целью сокращения испарения влаги и выравнивания поверхности, затем культивировали на 8-12 см поперек вспашки, вносили аммиачную селитру (34,4% N) вручную, проводили предпосевную культивацию комплексным агрегатом типа РВК на глубину заделки семян и посев в лучшие агротехнические сроки (25 апреля – 6 мая) на глубину 3-4 см (Amazone D9). В комплекс защиты растений люпино-злаковых смесей, в том числе и смеси люпина с овсом, входило протравливание семян обоих компонентов с использованием протравителей ООО «Август» и добавлением биостимуляторов растительного и животного происхождения (Биостим Старт (2019-2020 гг.) и Аминозол (2022-2023 гг.) производства АО «Щелково Агрохим» и Lebosol GmbH (Германия), прилипатель – Фульвитал Плюс (ООО «Родагро») [2-4]. В 2021 году при протравливании семян и по вегетации биостимуляторы не применяли.

В день посева семена люпина обрабатывали активным штаммом N<sub>2</sub>-фиксирующих бактерий (ВНИИСХМ, г. Пушкин, Ленинградской обл.). Этот прием абсолютно необходим при посеве зернобобовых культур на полях, где они не возделывались в последние 3-5 лет, вследствие отсутствия в почве соответствующих штаммов микроорганизмов.

По вегетации посев дважды обрабатывали баковой смесью пестицидов (инсектицид + фунгицид с добавлением указанных стимулирующих биологически активных препаратов (2-3 пары настоящих листьев люпина – кущение-начало трубкования овса и в начале цветения люпина) тех же производителей. Внесение пестицидов производили навесным тракторным опрыскивателем Amazone с шириной захвата 12 м. Учет урожая сплошной поделяночный селекционным комбайном Wintersteiger в фазе полной спелости зерна обоих компонентов (17-23 августа).

При закладке полевых опытов, проведении учетов и наблюдений использовали рекомендации, изложенные в руководствах: «Опытное дело в полеводстве» (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (Федин, 1985), «Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований» (Доспехов, 1985).

Азотфиксирующую способность люпина в смеси изучали методом сравнения (Трепачев, 1999), концентрацию обменной энергии в урожае сухой сенажной массы и зерна рассчитывали по формулам, приведенным в руководстве «Методические указания по оценке качества и питательности новых видов кормов» (Сычев, Лепешкин, 2009) [5], концентрацию сырого протеина – по содержанию общего азота в конечном урожае, умноженному на 6,25. Агрохимические анализы почвы и растений выполняли в сертифицированной лаборатории массовых анализов института по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической службе.

По данным метеонаблюдений АМС «Немчиновка» и «Внуково» метеорологические условия отдельных периодов и в целом за вегетацию (01.05-20.08) в годы исследований имели существенные отличия от средних многолетних значений, что отражалось на величинах урожайности зерна, способности к фиксации атмосферного азота, концентрации протеина и энергии.

При выращивании смешанного посева с участием пленчатой формы овса в течение трех лет (2019-2021 гг.) два года (2019 и 2021 гг.) характеризовались проявлением засушливости (ГТК 0,99 и 1,15), один год (2020) избыточным увлажнением (ГТК 2,24). В годы возделывания смеси с голозерной формой овса (2021-2023 гг.) метеорологические условия 2023 года

отличались нормальным увлажнением (ГТК 1,33), а 2021 и 2022 годов – засушливостью (ГТК 1,15 и 0,85) (табл. 2).

Таблица 2

**Гидротермический коэффициент вегетационного периода люпино-овсяной смеси (01.05-20.08) 2019-2023 гг.**

| Год                 | Месяц, декада |      |      |      |      |      |      |      |      |        |      | 01.05-20.08 |
|---------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|-------------|
|                     | май           |      |      | июнь |      |      | июль |      |      | август |      |             |
|                     | 1             | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    | 1      | 2    |             |
| 2019                | 2,77          | 0,24 | 0,47 | 0,04 | 0,79 | 2,71 | 0,42 | 1,87 | 0,32 | 1,88   | 0,60 | 0,99        |
| 2020                | 0,76          | 8,26 | 9,34 | 3,63 | 2,24 | 0,91 | 3,57 | 2,68 | 1,87 | 0,43   | 0,45 | 2,24        |
| 2021                | 5,25          | 0,53 | 1,70 | 1,08 | 1,06 | 0,96 | 0,55 | 0,25 | 0,88 | 1,20   | 1,80 | 1,15        |
| 2022                | 0,82          | 1,63 | 3,25 | 0,51 | 1,42 | 0,10 | 1,09 | 1,08 | 0,82 | 0,09   | 0    | 0,85        |
| 2023                | 0,82          | 0,23 | 1,33 | 1,40 | 0,11 | 2,77 | 0,40 | 2,02 | 3,81 | 0      | 0,71 | 1,33        |
| Среднее многолетнее | 1,32          | 1,44 | 1,39 | 1,41 | 1,38 | 1,69 | 1,67 | 1,49 | 1,57 | 1,51   | 1,64 | 1,48        |

**Результаты исследований и их обсуждение**

Урожайность зерна в смешанном посеве люпина с пленчатым овсом в среднем по элементам агротехнологии в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода варьировала в пределах 2,21-4,58 т/га, накопление обменной энергии урожаем – от 26,7 ГДж/га до 55,7 ГДж/га, сбор сырого и переваримого протеина 0,34-0,80 т/га и 0,27-0,64 т/га, в смеси с голозерной формой овса – 2,54-4,61 т/га, 32,4-60,0 ГДж/га, 0,52-1,22 т/га и 0,42-0,98 т/га. В среднем за годы исследований урожайность зерна и накопление в ней обменной энергии у смеси с голозерным овсом превышали аналогичные величины у смеси с пленчатым на 7 и 13% (3,68 т/га и 47,5 ГДж/га против 3,43 т/га и 42,5 ГДж/га). По накоплению сырого и переваримого протеина преимущество смеси с голозерной формой овса проявлялось значительно сильнее 0,90 т/га и 0,72 т/га против 0,48 т/га и 0,38 т/га или +52% и +53%, что обусловлено не только снижением пленчатости с 27% до 2%, но и большей долей бобового компонента в конечном урожае, в среднем равной 66%. По питательности только зерносмесь с голозерным овсом соответствовала принятым нормативам, предъявляемым к энергопротеиновым концентратам (табл. 3).

Таблица 3

**Урожайность зерна и продуктивность люпина в смеси с разными формами овса в изменяющихся метеоусловиях. В среднем по нормам высева люпина и удобрениям**

| Показатели                                | Люпин+овес пленчатый                    |                 | Люпин+овес голозерный |                 |                 |                 |      |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
|                                           | Гидротермический коэффициент (ГТК), год |                 |                       |                 |                 |                 |      |
|                                           | 0,99<br>2019 г.                         | 1,15<br>2021 г. | 2,24<br>2020 г.       | 0,85<br>2022 г. | 1,15<br>2021 г. | 1,33<br>2023 г. |      |
| Урожайность, т/га                         | 3,49                                    | 2,21            | 4,58                  | 3,88            | 2,54            | 4,61            |      |
| Соотношение компонентов, б/з, %           | 19/81                                   | 41/59           | 28/72                 | 64/36           | 53/47           | 83/17           |      |
| Коэффициент N <sub>2</sub> -фиксации (Кф) | 0,46                                    | 0,05            | 0                     | 0,42            | 0,17            | 0,70            |      |
| Кормовые единицы, тыс.                    | 4,32                                    | 2,66            | 5,63                  | 5,02            | 3,22            | 6,03            |      |
| Накопление протеина, т/га                 | сырого                                  | 0,63            | 0,34                  | 0,80            | 0,95            | 0,52            | 1,22 |
|                                           | переваримого                            | 0,50            | 0,27                  | 0,64            | 0,76            | 0,42            | 0,98 |
| Обменная энергия, ГДж/га                  | 43,8                                    | 26,7            | 55,7                  | 50,1            | 32,4            | 60,0            |      |
| Питательность зерносмеси                  | сырой протеин, г/кг                     | 181             | 156                   | 174             | 245             | 205             | 265  |
|                                           | обменная энергия МДж/кг                 | 12,6            | 12,0                  | 12,2            | 12,9            | 12,8            | 13,0 |

Отмеченные преимущества смешанного люпино-овсяного посева с голозерной формой овса сохранялись вне зависимости от складывающихся условий увлажнения.

Степень влияния предпосевного внесения азота на зерновую продуктивность изучаемых люпино-овсяных смесей в целом находилась в соответствии с погодными условиями вегетационного периода, но в большей степени зависела от распределения осадков и температуры воздуха по периодам вегетации.

Установлено, что смесь люпина с пленчатым овсом максимальную урожайность зерна и показатели продуктивности создавала в условиях избыточного увлажнения (ГТК 2,24). При отсутствии азотфиксации внесение 50 кг/га N перед посевом обеспечивало получение в среднем 5,0 т/га зерна с накоплением в нем 0,86 т/га сырого протеина и 60,6 ГДж/га обменной энергии, что на 16-20% превышало величины аналогичных показателей на фосфорно-калийном фоне. Прибавки обусловлены увеличением доли овса в конечной зерносмеси с 68% до 77% с одной стороны и ростом концентрации протеина в зерне его на 0,62% – с другой.

Смесь с участием голозерной формы овса максимум продуктивности создавала в условиях нормального увлажнения (ГТК 1,33) при высокой азотфиксации по фону P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Урожайность зерна при этом достигала 4,82 т/га с долей бобового компонента 89%, накопление сырого протеина – 1,27 т/га, обменной энергии 62,7 ГДж/га. Азот удобрений оказывал отрицательное влияние на величины каждого из рассматриваемых показателей продуктивности, снижая их на 9% (табл.4).

Эффективность предпосевного внесения азота в условиях засушливости находилось в соответствии с распределением осадков и температуры воздуха по периодам вегетации. Если проявление засушливости наблюдалось в начале вегетации (2019 г., ГТК 0,99) то, при урожайности зерна смеси с пленчатым овсом 3,34-3,65 т/га азот удобрений оказывал слабое отрицательное влияние на ее величину (-8%).

Снижалось и накопление энергии с 46,0 ГДж/га на фоне РК до 41,8 ГДж/га (-9%). Но в большей степени (-15-17%) уменьшались величины продуктивности за счет падения доли люпина в урожае с 24% до 14%. Если же в близких условиях увлажнения (ГТК 0,85, 2022 г.) проявление засушливости сдвигалось на вторую половину вегетации, то при пониженном температурном режиме (на 2,0-3,5°C к средней многолетней) азот не оказывал влияния на урожайность зерна и продуктивность зерносмеси с участием голозерной формы овса ( $\pm$ 1-4%) в зависимости от показателя, а максимальные величины формировались при осеннем внесении P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и достигали 3,89 т/га зерна, 0,94 т/га сырого протеина и 50,2 ГДж/га обменной энергии (табл. 4).

Наименьшая за годы исследований продуктивность обеих зерносмесей наблюдалась в 2021 году, когда при умеренной засушливости (ГТК 1,15) ее проявление в наибольшей степени отмечалось с июля по конец первой декады августа и сопровождалось повышенным температурным режимом (от +3,3°C до +6,6°C к средней многолетней). При этом азот удобрений оказывал положительное влияние на урожайность зерна и продуктивность, наиболее выраженное в посевах с участием пленчатой формы овса +50-52% к фону РК по урожайности и накоплению энергии, +43-49% по выходу протеина и кормовых единиц, а максимальные величины соответственно достигали 2,65 т/га и 32,2 ГДж/га, 0,40 т/га и 3,18 тыс. При отсутствии азотфиксации (Кф 0-0,05) прибавки от азота удобрений обеспечивались за счет увеличения доли злакового компонента в конечном урожае (+7%) и концентрации протеина в его зерне в среднем на 1,84%. В условиях одного опыта смешанный посев с участием голозерной формы овса несмотря на очень низкую азотфиксацию, слабо реагировал на предпосевное внесение азота повышением урожайности зерна с 2,45 т/га до 2,64 т/га (+8%), обменной энергии с 31,2 ГДж/га до 33,5 ГДж/га (+7%), кормовых единиц с 3,12 тыс. до 3,32 тыс. (+6%), что связано с положительным влиянием его на долю овса в урожае (+17%). В тоже время, размеры накопления сырого переваримого протеина в зерносмеси обоих вариантов удобрения характеризовались одинаковыми величинами – по 0,52 т/га и 0,42 т/га соответственно.

Таблица 4

**Влияние удобрений на урожайность зерна и продуктивность люпино-овсяной смеси с участием разных форм овса при разных погодных условиях. В среднем по нормам высева люпина**

| Показатели                                | Люпин+овес пленчатый            |                                                    |                                 |                                                    |                                 |                                                    | Люпин+овес голозерный           |                                                    |                                 |                                                    |                                 |                                                    |      |
|-------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|------|
|                                           | ГТК 0,99 (2019г.)               |                                                    | ГТК 1,15 (2021г.)               |                                                    | ГТК 2,24 (2020г.)               |                                                    | ГТК 0,85 (2022г.)               |                                                    | ГТК 1,15 (2021г.)               |                                                    | ГТК 1,33 (2023г.)*              |                                                    |      |
|                                           | P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>50</sub><br>P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>50</sub><br>P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>50</sub><br>P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>50</sub><br>P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>50</sub><br>P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | N <sub>50</sub><br>P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> |      |
| Урожайность, т/га                         | 3,65                            | 3,34                                               | 1,77                            | 2,65                                               | 4,16                            | 5,00                                               | 3,89                            | 3,86                                               | 2,45                            | 2,64                                               | 4,82                            | 4,40                                               |      |
| НСР <sub>05</sub>                         | 0,20                            |                                                    | 0,21                            |                                                    | 0,52                            |                                                    | 0,32                            |                                                    | 0,21                            |                                                    | 0,34                            |                                                    |      |
| Соотношение компонентов, б/з, %           | 24/76                           | 14/86                                              | 45/55                           | 38/62                                              | 32/68                           | 23/77                                              | 64/36                           | 65/35                                              | 62/38                           | 45/55                                              | 89/11                           | 77/23                                              |      |
| Коэффициент N <sub>2</sub> -фиксации (Кф) | 0,54                            | 0,37                                               | 0                               | 0,05                                               | 0                               | 0                                                  | 0,44                            | 0,40                                               | 0,18                            | 0,16                                               | 0,77                            | 0,63                                               |      |
| Кормовые единицы, тыс.                    | 4,56                            | 4,06                                               | 2,14                            | 3,18                                               | 5,12                            | 6,13                                               | 5,02                            | 5,02                                               | 3,12                            | 3,32                                               | 6,30                            | 5,76                                               |      |
| Накопление протеина, т/га                 | сырого                          | 0,68                                               | 0,58                            | 0,28                                               | 0,40                            | 0,74                                               | 0,86                            | 0,94                                               | 0,96                            | 0,52                                               | 0,52                            | 1,27                                               | 1,16 |
|                                           | переваримого                    | 0,54                                               | 0,46                            | 0,22                                               | 0,32                            | 0,58                                               | 0,68                            | 0,75                                               | 0,78                            | 0,42                                               | 0,42                            | 1,02                                               | 0,93 |
| Обменная энергия, ГДж/га                  | 46,0                            | 41,8                                               | 21,2                            | 32,2                                               | 50,8                            | 60,6                                               | 50,2                            | 50,0                                               | 31,2                            | 33,5                                               | 62,7                            | 57,2                                               |      |
| Питательность зерносмеси                  | сырой протеин, г/кг             | 186                                                | 176                             | 158                                                | 152                             | 178                                                | 172                             | 242                                                | 249                             | 212                                                | 197                             | 264                                                | 264  |
|                                           | обменная энергия МДж/кг         | 12,6                                               | 12,5                            | 12,0                                               | 12,2                            | 12,2                                               | 12,2                            | 12,9                                               | 13,0                            | 12,7                                               | 12,7                            | 13,0                                               | 13,0 |

Примечание: при норме высева люпина 1,6 млн/га

Таблица 5

**Влияние норм высева люпина на урожайность зерна и продуктивность люпино-овсяной смеси с участием разных форм овса при разных погодных условиях. Среднее по вариантам удобрения**

| Показатели                                | Люпин+овес пленчатый    |       |                    |       |                    |       | Люпин+овес голозерный |       |                    |       |      |     |
|-------------------------------------------|-------------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------|-------|------|-----|
|                                           | ГТК 0,99 (2019 г.)      |       | ГТК 1,15 (2021 г.) |       | ГТК 2,24 (2020 г.) |       | ГТК 0,85 (2022 г.)    |       | ГТК 1,15 (2021 г.) |       |      |     |
|                                           | нормы высева, млн/га    |       |                    |       |                    |       |                       |       |                    |       |      |     |
|                                           | 1,6                     | 1,8   | 1,6                | 1,8   | 1,6                | 1,8   | 1,6                   | 1,8   | 1,6                | 1,8   | 1,6  | 1,8 |
| Урожайность, т/га                         | 3,52                    | 3,46  | 2,26               | 2,16  | 4,39               | 4,78  | 4,02                  | 3,72  | 2,48               | 2,61  |      |     |
| НСР <sub>05</sub>                         | 0,25                    |       | 0,26               |       | 0,43               |       | 0,38                  |       | 0,27               |       |      |     |
| Соотношение компонентов, б/з, %           | 18/82                   | 20/80 | 44/56              | 39/61 | 28/72              | 28/72 | 66/34                 | 62/38 | 50/50              | 56/44 |      |     |
| Коэффициент N <sub>2</sub> -фиксации (Кф) | 0,48                    | 0,44  | 0,06               | 0,04  | 0                  | 0     | 0,44                  | 0,40  | 0,13               | 0,21  |      |     |
| Кормовые единицы, тыс.                    | 4,35                    | 4,30  | 2,24               | 2,58  | 5,46               | 5,80  | 5,25                  | 4,79  | 3,14               | 3,30  |      |     |
| Накопление протеина, т/га                 | сырого                  | 0,63  | 0,64               | 0,36  | 0,32               | 0,82  | 0,78                  | 1,04  | 0,86               | 0,50  | 0,53 |     |
|                                           | переваримого            | 0,50  | 0,50               | 0,28  | 0,26               | 0,65  | 0,62                  | 0,84  | 0,69               | 0,40  | 0,42 |     |
| Обменная энергия, ГДж/га                  | 44,0                    | 43,6  | 27,4               | 26,0  | 53,8               | 57,6  | 52,3                  | 48,0  | 31,4               | 33,3  |      |     |
| Питательность зерносмеси                  | сырой протеин, г/кг     | 179   | 184                | 160   | 151                | 187   | 162                   | 259   | 231                | 202   | 203  |     |
|                                           | обменная энергия МДж/кг | 12,6  | 12,6               | 12,1  | 12,0               | 12,3  | 12,1                  | 13,0  | 12,9               | 12,7  | 12,8 |     |

Это объясняется отсутствием влияния минерального азота на концентрацию протеина в зерне обоих компонентов (табл. 4).

Таким образом, при выращивании люпино-овсяной смеси на зерно с участием пленчатой и голозерной форм злакового компонента на хорошо обеспеченной фосфором и калием дерново-подзолистой почве Центра Нечерноземной зоны России, высокая эффективность предпосевного внесения азота в дозе 50 кг/га на фоне  $P_{60}K_{60}$  (от 16-20% до 43-52% в зависимости от показателя) проявлялась только в экстремальных условиях увлажнения, обусловленных или избытком влаги, или засушливостью, проявляющейся в критические периоды накопления биомассы, формирования и налива зерна и сопровождающейся повышенным температурным режимом. В нормальных, а также в засушливых условиях, когда недостаток осадков наблюдался с начала или с первой половины вегетации, но сопровождался пониженным температурным режимом, урожайность зерна максимального уровня 4,8 и 3,6-3,9 т/га с накоплением в зерносмеси до 1,3 т/га и 0,7-0,9 т/га сырого протеина, до 63 и 46-50 ГДж/га обменной энергии соответственно создавалась без дополнительного внесения азота удобрений. При этом потребность растений в азоте на 77% и 44-54% удовлетворялась за счет симбиотической фиксации из атмосферы и на 23-46% из почвы, а питательность зерносмеси по обеспеченности 1 кг протеином и энергией удовлетворяла требованиям норматива к энергопротеиновым концентратам.

Практически во все годы исследований независимо от метеорологических условий в течение вегетационного периода и его отдельных частей, меньшая из изучаемых норм высева люпина в смеси с разными формами овса 1,6 млн/га обеспечивала получение наиболее высоких величин урожайности зерна и продуктивности. Норма высева 1,8 млн/га уступала последней по урожайности от 2% до 8%, по накоплению кормовых единиц и обменной энергии – от 1% до 8-9%, сбору протеина – на 5-18%. Только в отдельные годы (2019 и 2021 гг.) в засушливых условиях наблюдались слабо выраженные положительные тенденции в пользу более высокой нормы высева люпина (от  $\pm 1-3\%$  до  $+5-8\%$ ) в зависимости от показателя, что, тем не менее, также свидетельствует в пользу меньшей нормы (табл. 5).

### **Заключение**

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Центрального Нечерноземья, в достаточной степени обеспеченной подвижным фосфором и калием, в широком диапазоне pH в разных метеорологических условиях выявлено небольшое преимущество смеси люпина с голозерным овсом над аналогичной смесью с участием пленчатой формы овса по урожайности и накоплению обменной энергии ( $+7-13\%$ ), которое существенно ( $+52-53\%$ ) возрастало по показателям накопления сырого и переваримого протеина в конечной зерносмеси вследствие практически полного выщелачивания зерен (96-98%).

Обе смеси урожайность зерна и величины продуктивности максимального уровня формировали в условиях нормального или избыточного увлажнения, которые существенно снижались в засушливых условиях ( $-37-41\%$  и  $-31-40\%$ ) в зависимости от показателя соответственно по указанным смесям.

Реакция смешанных посевов на предпосевное внесение азота удобрений находилась в соответствии с формой злакового компонента. Смесь пленчатого овса с люпином положительно отзывалась на этот агроприем в условиях избыточного увлажнения ( $+16-20\%$  к фону РК) и в засушливых, когда недостаток осадков сопровождался высокими среднесуточными температурами воздуха ( $+43-52\%$ ) в зависимости от показателя. Смешанный посев с участием голозерного овса продуктивность максимального или близкого к нему уровня независимо от складывавшихся условий увлажнения обеспечивал на естественном азотном фоне при осеннем внесении  $P_{60}K_{60}$ . Влияние азотного удобрения на продуктивность носило противоречивый характер. Его внесение или снижало рассматриваемые показатели урожайности зерна и продуктивности ( $-9\%$ , 2023 г., нормальное увлажнение) или способствовало их незначительному росту ( $+2-8\%$ ) в засушливых условиях. В обоих случаях отмеченные изменения проявлялись на уровне тенденции.

Независимо от условий увлажнения в течение вегетационного периода лучшей нормой высева люпина в изучаемых смешанных посевах следует считать 1,6 млн/га. С увеличением ее до 1,8 млн/га проявлялась слабая тенденция ( $\pm 2-9\%$ ) изменения показателей продуктивности как в меньшую, так и в большую сторону.

Поэтому при наличии в хозяйствах животноводческого направления достоверного прогноза погоды на вегетационный период для гарантированного получения высокой урожайности зерна люпино-овсяных смесей и показателей продуктивности, обеспечивающих высокую питательность приготовляемых из него концентрированных кормов, их необходимо возделывать с учетом выявленных в данном исследовании особенностей реакции посевов на применение удобрений и нормы высева бобового компонента, обращая повышенное внимание на преимущества смеси с участием голозерного овса.

#### **Литература**

1. Суховеева О.Э. Изменение климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология, – 2016, –№ 4. – С. 41-49.
2. Щелково Агрохим. Каталог 23 <https://betaren.ru/catalog/>.
3. ООО «Лебозол Восток» Информация о продуктах // <https://www.lebosol.de/ru>.
4. ООО «Родагро» Органоминеральные удобрения на основе фульвовых кислот. <http://rodagro.ru/>.
5. Трепачев Е.П. Методы исследования азотфиксирующей способности бобовых культур. – В кн.: Агрохимические аспекты биологического азота в современной земледелии. – М.: Агроконсалт. – 1999. – 126 с.

#### **References**

1. Sukhoveeva O.E. Changes in climatic conditions and agro-climatic resources in the Central region of the Non-Chernozem zone // *Bulletin of the VSU*, Series: Geography. Geoecology, 2016, no.4, pp. 41-49.
2. Shchelkovo Agrochem. Catalog 23 <https://betaren.ru/catalog/>.
3. LLC "Lebozol Vostok" Product information // <https://www.lebosol.de/ru>.
4. Rodagro LLC Organomineral fertilizers based on fulvic acids. <http://rodagro.ru/>.
5. Trepachev E.P. Methods of studying the nitrogen-fixing ability of legumes. – In the book: *Agrochemical aspects of biological nitrogen in modern agriculture*. Moscow, Agroconsult. – 1999, 126 p.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИНФЕКЦИОННЫХ ФОНОВ В СЕЛЕКЦИИ ЛЮПИНА БЕЛОГО

**М.И. ЛУКАШЕВИЧ**, доктор сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0000-0001-9814-1642 E-mail: lupin.albus2021@mail.ru

**М.Е. СЕЛИВАНОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0000-0001-6411-5155 E-mail: lupin.albus2021@mail.ru

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

**Т.В. СВИРИДЕНКО**, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-0250-4846

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

*В статье представлены результаты оценки селекционного материала белого люпина на антракнозом и фузариозом искусственных инфекционных фонах в 2017-2019 годах. В мировой экономике на сегодняшний день наблюдаются постоянные изменения условий, что не может не отразиться на нашем государстве, поэтому стратегическое значение для России имеет дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства и увеличение уровня рентабельности таких отраслей как растениеводство и животноводство. Для этого необходимо максимально снизить зависимость от импорта белковых кормов, это должно благоприятно отразиться на стабилизации цен на сельскохозяйственную продукцию, а также сыграть положительную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Этого можно добиться, если увеличить площади посевов белковых культур, одной из которых является люпин белый. Его привлекательность для России связана с возможностью возделывания в различных регионах страны практически без ограничений по почвенно-климатическим показателям, чем он выгодно отличается от сои. Единственным минусом является то, что сейчас у нас в стране, да и во всем мире нет сортов, обладающих устойчивостью к грибным болезням, таким как фузариоз и антракноз. Для создания нового исходного материала люпина белого была проведена оценка образцов по степени поражения антракнозом и фузариозом. Целью исследований являлось изучение степени поражения антракнозом и фузариозом образцов люпина белого различного морфо-биологического происхождения на инфекционных фонах для выделения резистентных к этим заболеваниям образцов, которые можно будет использовать в селекционном процессе в дальнейшем. Объект исследований – коллекционный и селекционный материал белого люпина разного эколого-генетического происхождения. Исследования проводились в 2017-2019 годах в полевых условиях на специализированных инфекционных фонах ВНИИ люпина. В процессе испытаний на фузариозном инфекционном фоне за три года исследований выделилось большое количество форм белого люпина с поражением ниже 10 %. Это сортообразцы гибридного и мутантного происхождения сн 25-11, сн 15-15, сн 18-13, сн 40-15, сн 2-17 и другие. На антракнозом инфекционном фоне все выше перечисленные образцы оказались восприимчивыми к антракнозу, и только номера сн 25-11, сн 816-09 и Деснянский 2 40 кР Со<sup>60</sup> можно характеризовать как среднеустойчивые к антракнозу и фузариозу.*

**Ключевые слова:** антракноз, фузариоз, люпин белый, устойчивость, инфекционный фон.

**Для цитирования:** Лукашевич М.И., Селиванова М.Е., Анишко М.Ю., Свириденко Т.В.

Использование искусственных инфекционных фонов в селекции люпина белого. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):205-214. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-205-214

## THE USE OF ARTIFICIAL INFLECTIONAL BACKGROUNDS FOR WHITE LUPIN BREEDING

M.I. Lukashevitch, M.E. Selivanova, M.Yu. Anishko, T.V. Sviridenko

ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN – BRANCH OF THE FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGY, Bryansk Region

**Abstract:** *The article presents the evaluation results of white lupin breeding material on the anthracnose and fusaria artificial infectious backgrounds in 2017-2019. There are constant changes in conditions in the world economy today, which cannot but affect our state, therefore, further development of agricultural production and an increase in the profitability of such industries as crop production and animal husbandry are of strategic importance for Russia. To do this, it is necessary to reduce dependence on protein feed imports as much as possible, this should favorably affect the stabilization of prices for agricultural products, as well as play a positive role in ensuring food security. This can be achieved by increasing the area of protein crops, one of which is white lupin. Its attractiveness for Russia is associated with the possibility of cultivation in various regions of the country with virtually no restrictions on soil and climatic conditions. To create new source material for white lupine, samples were assessed for the degree of damage caused by anthracnose and fusaria. **The tests aimed** to study the anthracnose and fusaria infection level of white lupin lines of different morphological and biological origin on infectious backgrounds to distinguish lines resistant to these diseases for their future use in the breeding process. **The study object** is collection and breeding material of white lupin of different geographical and genetically origin. The tests have been done in 2017-2019 under field conditions on the specialized infectious backgrounds in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute. During three tests' years high number of white lupin lines has been picked out whose infection was lower than 10%. There are hybrid and mutant lines BL 25-11, BL 15-15, BL 18-13, BL 40-15, BL 2-17 etc. The every above mentioned line is anthracnose susceptible on the anthracnose infectious background, and the lines BL 25-11, BL 816-09 and Desnyanskiy 2 40 kP Co<sup>60</sup> only could be described as moderate resistant to anthracnose and fusaria.*

**Keywords:** anthracnose, fusaria, white lupin, resistance, infectious background.

### Введение

Проблема устойчивости люпина к антракнозу в настоящее время в мире считается одной из наиболее актуальных задач. Решение этой проблемы возможно двумя путями. Первый и наиболее надежный путь – создание и внедрение в производство сортов устойчивых на генетическом уровне. Второе решение этой проблемы - это поиск эффективных фунгицидов. На сегодняшний день в России нет фунгицидов, допущенных к применению на люпине в вегетацию. По их поиску в институте люпина ведётся многолетняя исследовательская работа [1, 2].

Селекцию на устойчивость сортов затрудняет отсутствие в коллекции ВИРа и генофонде других стран надежных источников и эффективных доноров устойчивости к антракнозу. Необходим целенаправленный поиск и создание таких источников. Анализ литературных данных показывает, что имеются генетические источники устойчивости к антракнозу у фасоли, гороха и у других культур [3]. Исходя из закона гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова можно предположить нахождение таких источников устойчивости и у люпина белого.

В Новой Зеландии, где имеются все благоприятные условия для развития болезни, австралийскими селекционерами было высеяно несколько тысяч селекционных образцов и диких форм 11 видов люпина с целью поиска источников устойчивости к антракнозу. Новые австралийские сорта узколистного люпина являются устойчивыми, и селекция на устойчивость к антракнозу в Австралии ведется по ДНК-маркерам. По белому люпину многообещающая устойчивость к антракнозу обнаружена у местных эфиопских и греческих

форм. В Австралии на основе этого материала был создан относительно устойчивый к антракнозу сорт белого люпина Андромеда, который активно используется нами в селекции [4, 5, 6, 7].

В современных условиях в иммунологических исследованиях остаются актуальными направления на выявление источников устойчивости к болезням, контроль уровня изменчивости природной популяции возбудителя заболеваний, а также наблюдение за изменением их структуры [8, 9, 10, 11].

Расширение посевных площадей под люпином напрямую зависит от успеха в этой работе по получению болезнеустойчивых сортов. Кроме того получение сортов устойчивых к заболеваниям существенно снизит вредоносность и распространение болезней [7]. Современная селекция обладает большим количеством средств для осуществления этой задачи – создания новых форм растений, которые обладают ценными признаками, в том числе и устойчивостью к вредным патогенам. Сложность состоит в том, что селекция на болезнеустойчивость более сложна, чем на любой другой признак, так как она направлена не только на само растение, но еще и на реакцию патогена, а ему свойственна высокая изменчивость и способность приспосабливаться к внешним условиям.

Поэтому селекцию необходимо вести на специализированных инфекционных фонах, ведь только таким образом можно увидеть проявление разнообразия изучаемых растений в их реакции на воздействие патогена во всех фазах развития, под действием различных условий среды (Гешеле Э.Э., 1978). Только условия инфекционного фона, в состав которого введен популяционный состав возбудителя, дает возможность оценить селекционный материал по степени устойчивости, а также провести отбор по этому признаку. Обычно на инфекционном фоне отбираются выжившие растения, у которых признаки поражения либо отсутствуют или проявляются в более поздние сроки; либо же растения, отличающиеся медленным развитием болезни, и с низкой способностью передачи возбудителя посевным материалом.

#### **Материалы и методы исследования.**

Для создания инфекционных фонов к почвенным патогенам (фузариозам) используется методика по накоплению инфекции в почве (Корнейчук Н.С., 1985). При испытании люпина белого приемлемы самые распространенные методы, одним из которых является возделывание сильно восприимчивого сорта на одной площади в течение двух-трех лет, или внесение в почву измельченных частей пораженных растений, а также метод с внесением в почву искусственно размноженных на питательной среде патогенов. Очень редко для этих целей применяют внесение в почву чистой культуры патогена, приготовленной на жидкой питательной среде. Посев люпина на фоне ручной. В качестве сорта – дифференциатора был взят неустойчивый к фузариозу сорт Старт, а в качестве стандарта районированный сорт Мичуринский.

В период вегетации на инфекционном фоне проводились фенологические наблюдения. Отмечались даты прохождения основных фаз развития люпина (всходы, бутонизация, цветение, полное формирование бобов на основном стебле, созревание), оценивалось развитие болезни по пятибалльной шкале.

В фазу полных всходов был проведен учет количества растений на делянке, а в последующие фазы развития растений – учет увядших растений. При каждом учете растения с явными признаками фузариозного увядания удаляли.

У антракноза основной путь передачи через семена, кроме того инфекция может сохраняться на пораженных патогеном растительных остатках хорошо перенося зимний период. При первом проявлении болезни на стеблях и бобах образуются своеобразные коричневые пятна, которые затем переходят в язвы. В местах поражения после дождя обычно выступает слизистая масса конидий. С брызгами дождя инокулюм распространяется и инфицирует соседние здоровые растения. В связи с этим, методика создания инфекционного фона к этому заболеванию несколько иная [12]. Для создания инфекционного фона мы используем естественно зараженный растительный субстрат в виде стеблей, створок бобов и семян, с пораженных антракнозом растений, который предварительно высушиваем. Размер

инфекционного фона определялся количеством испытуемых сортообразцов. Подготовка почвы и посев производились в обычные для люпина сроки по общепринятой технологии. Участок предварительно разбивался на ярусы шириной 1 м, длина произвольная. Заранее изготовленным маркером, поперек яруса маркировались 2-рядковые (ширина междурядий 20 см) делянки на расстоянии 40 см одна от другой. В каждый рядок высевались равномерно по 15-20 шт. семян. Через каждые 20 делянок высевался стандарт–районированный сорт Мичуринский.

В фазу полных всходов в междурядья испытуемых образцов вносился естественно зараженный растительный субстрат, состоящий из природной популяции антракноза. Перед применением инфекционный субстрат размалывался на настольной мельнице в виде грубого размола (не менее 2 мм). После чего порция инфекционного субстрата, набранного меркой заранее выверенной на массу 2 г, вносилась в междурядья испытуемых образцов на поверхность влажной почвы (влажность которой поддерживалась в течение 3-х суток, при отсутствии дождя с помощью поливов).

Наблюдения за появлением симптомов осуществлялись визуально спустя – 6-10-15-20 дней после внесения инфекции. Основные учеты проводились в фазы цветения и созревающего боба (периоды наиболее интенсивного проявления симптомов поражения стебля и бобов на белом люпине). В наших испытаниях при закладке антракнозного инфекционного фона мы используем в качестве инфекционного материала природную популяцию возбудителя антракноза, собранную в различных регионах возделывания люпина.

Исследования проводились в 2017-2019 годах в полевых условиях на специализированных инфекционных фонах ВНИИ люпина, где испытывались коллекционный и селекционный материал белого люпина разного эколого-генетического происхождения. Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая.

**Цель исследований** – выделить перспективные исходные формы с комплексной устойчивостью и источники устойчивости к антракнозу и фузариозу для создания новых конкурентоспособных сортов люпина белого.

#### **Результаты и их обсуждение.**

Полевую оценку в результате проведенных исследований получили 692 образца белого люпина. Как показали ранее проведенные нами исследования, необходимым условием для заражения растений антракнозом и развития патологического процесса является температура воздуха не ниже 18°C и наличие обильной влаги в течение трех суток. Испытание и оценка сортообразцов люпина проводилась в 2017-2019 гг., которые различались погодными условиями, а также интенсивностью поражения испытуемых видов люпина (рис. 1). Все сортообразцы оценивались в условиях равной качественной и количественной инфекционной нагрузки возбудителя.

Метеоусловия вегетационного периода 2017 года по всем периодам отличались от среднемноголетних данных. Так, на стадии всходов люпина (2 декада мая) температура была ниже средней многолетней на 3,5°C, а осадков выпало 74,4% от нормы, что повлияло на растянутость фазы всходов. Такие погодные условия были неблагоприятными для развития возбудителя антракноза (рис. 1). Третья декада мая сопровождалась незначительным повышением температуры на 0,7°C (по сравнению со средней многолетней), осадков выпало 108,6% от нормы. Такие условия стимулировали развитие антракноза и заражение растений люпина (рис. 2).

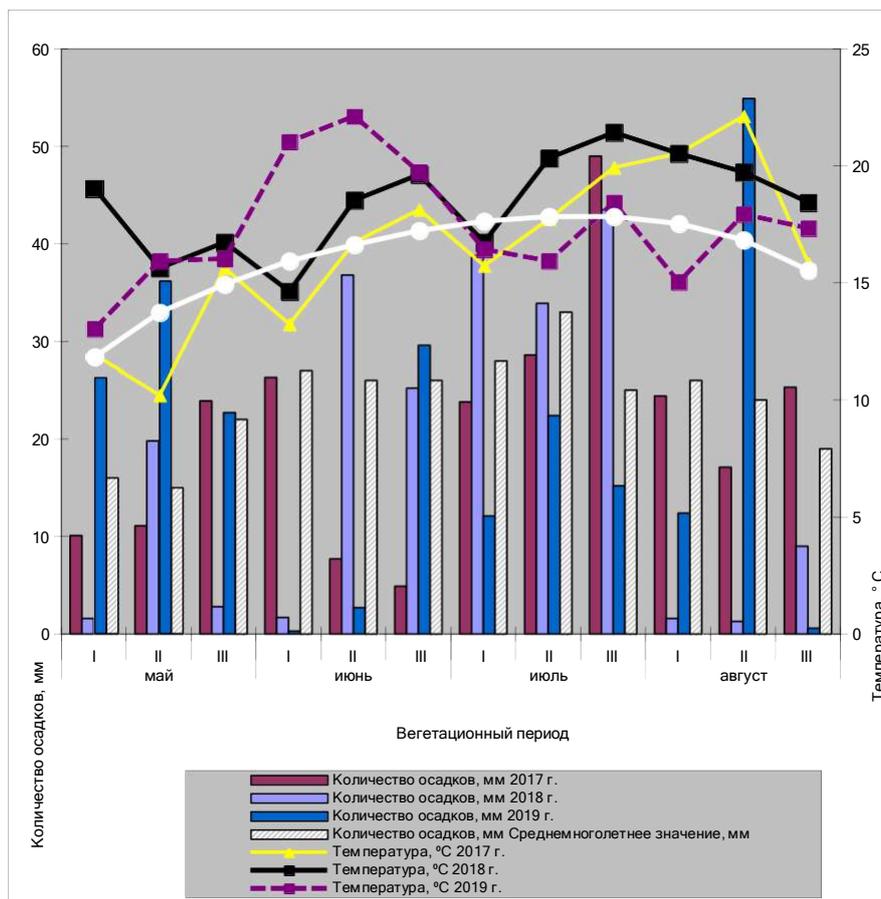


Рис. 1. Метеорологические условия за 2017-2019 гг.

Вторая и третья декады июня отличались сухой и жаркой погодой, при которой наблюдались превышение температуры и недостаток влаги, что оказало сдерживающее влияние на вредоносность антракноза. В июле не наблюдалось значительных отклонений температурного режима от нормы, а осадков в третьей декаде выпало 196% от месячной нормы, что дало толчок развитию антракноза и заражению бобов на растениях люпина.



Рис. 2. Поражение антракнозом растений люпина белого в фазу цветения

В результате оценки в 2017 году на антракнозном инфекционном фоне наименьшее поражение стебля от 12,5 до 25,0% и бобов от 28,9 до 58,6% было отмечено у 5 номеров. Это номера сн 25-11, сн 11-13 и другие (табл. 1). У стандартного сорта Мичуринский степень поражения по стеблю составила 48,8%, по бобам – 74,7%. При этом образцы сн 25-11, сн 816-09 показали и высокую устойчивость к фузариозу, с поражением ниже 10% в результате оценки на жестком инфекционном фоне.

Таблица 1

**Результаты испытания некоторых сортообразцов белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу на инфекционных фонах в 2017 году**

| Наименование образца                | Степень поражения антракнозом, % |      | Поражение фузариозом, % |
|-------------------------------------|----------------------------------|------|-------------------------|
|                                     | Стебель                          | Бобы |                         |
| Мичуринский стандарт                | 48,8                             | 74,7 | 7,5                     |
| сн 25-11                            | 12,5                             | 54,9 | 8,9                     |
| Алый парус                          | 23,5                             | 58,6 | 25,9                    |
| сн 45-13 р/цв                       | 10,0                             | 71,0 | 16,7                    |
| Деснянский 2 40 кР Со <sup>60</sup> | 23,1                             | 28,9 | 16,3                    |
| сн 816-09                           | 21,9                             | 44,7 | 9,5                     |
| сн 51-11                            | 34,4                             | 73,8 | 24,3                    |
| сн 11-13                            | 25,0                             | 47,7 | 49,0                    |
| сн 15-15                            | 76,6                             | 76,3 | 7,8                     |
| сн 38-15                            | 52,8                             | 76,7 | 6,8                     |
| сн 94-15                            | 66,1                             | 56,8 | 6,7                     |
| сн 83-16                            | 61,7                             | 89,0 | 5,0                     |
| сн 101-16                           | 26,8                             | 65,3 | 4,9                     |
| сн 136-16                           | 54,2                             | 72,2 | 5,0                     |
| сн 1032-09 х Деснянский 2           | 58,3                             | 77,4 | 1,9                     |

В 2018 году вегетационный период отличался от среднемноголетних данных по температуре и выпадению осадков (рис. 1). На стадии всходов люпина (2 декада мая) температура была выше средней многолетней на 1,9°C, а количество выпавших осадков составило 132,0% от нормы, что способствовало появлению дружных всходов. В дальнейшем как температура, так и выпадение осадков отличались резкими перепадами. Третья декада мая сопровождалась повышением температуры на 1,8°C (по сравнению со средней многолетней), осадков выпало только 12,7% от нормы. Такие погодные условия были неблагоприятными для развития возбудителя антракноза. В первую декаду июня температура на 1,3°C была ниже средней многолетней, а осадков выпало всего 6,3% от нормы. Это тоже сдерживало развитие антракноза. Вторая и третья декады июня сопровождалась повышением температуры и выпадением обильных осадков (132,0% от нормы), которые стимулировали развитие антракноза. В июле наблюдалось повышение температуры и обильное выпадение осадков, что стимулировало дальнейшее развитие антракноза и заражение растений люпина на бобах (рис. 3).



Рис. 3. Поражение антракнозом бобов на растениях люпина белого

Среди белого люпина наименьшее поражение антракнозом стебля (от 23,3 до 35,0%) и бобов (от 38,9 до 58,6%) отмечено у 8 образцов (сн 816-09, сн 68-16 и другие). Поражение стебля на растениях стандартного сорта Мичуринский составило 44,9%, а бобов 61,0%. Комплексную устойчивость к антракнозу и фузариозу показали образцы сн 25-11, Деснянский 2 40 кР Со<sup>60</sup> (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты испытания некоторых сортообразцов белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу на инфекционных фонах в 2018 году**

| Наименование образца                | Степень поражения антракнозом, % |      | Поражение фузариозом, % |
|-------------------------------------|----------------------------------|------|-------------------------|
|                                     | Стебель                          | Бобы |                         |
| Мичуринский стандарт                | 44,9                             | 61,0 | 11,0                    |
| сн 66-12                            | 25,0                             | 58,6 | -                       |
| Деснянский 2 40 кР Со <sup>60</sup> | 23,3                             | 38,9 | 2,4                     |
| сн 816-09                           | 30,1                             | 56,2 | 16,6                    |
| сн 18-13                            | 29,7                             | 55,1 | 14,6                    |
| сн 54-08                            | 35,0                             | 55,8 | 5,4                     |
| сн 87-16                            | 33,3                             | 48,1 | -                       |
| сн 68-16                            | 23,3                             | 48,6 | 10,0                    |
| сн 25-11                            | 34,1                             | 54,9 | 9,0                     |

В фазу всходов люпина (2 декада мая) в 2019 году температура была выше средней многолетней на 2,1°C, количество выпавших осадков составляло 240,6% от нормы, это повлияло не только на появление дружных всходов, но и на развитие антракноза. В третьей декаде мая повышение температуры составило 1,1°C (по сравнению со средней многолетней), а осадков выпало 103,1% от нормы, что способствовало заражению всех трех видов люпина уже в фазу полных всходов. Лимитирующим фактором развития антракноза в первую и вторую декады июня стало то, что осадков выпало всего 1,0-1,1% от нормы, а температура была выше на 5°C, чем средняя многолетняя. Третья декада июня и июль сопровождалась повышением температуры и выпадением обильных осадков (113,8% от нормы), что стимулировало развитие антракноза и заражение растений люпина на бобах. На антракнозном фоне люпина наименьшее поражение стебля (от 38,9 до 50,0%) и бобов (от 45,8 до 56,2%)

отмечено у 6 образцов – сн 17-14, сн 816-09 и других. Поражение стебля на растениях стандартного сорта Мичуринский составило 88,9%, а бобов 75,2% (табл. 3). Устойчивость к фузариозу показали образцы Пилигрим, сн 17-14, сн 816-09 и сн 25-11.

Таблица 3

**Результаты испытания некоторых сортообразцов белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу на инфекционных фонах в 2019 году**

| Наименование образца                | Степень поражения антракнозом, % |      | Поражение фузариозом, % |
|-------------------------------------|----------------------------------|------|-------------------------|
|                                     | Стебель                          | Бобы |                         |
| Мичуринский стандарт                | 88,9                             | 75,2 | 10,2                    |
| сн 25-11                            | 39,9                             | 47,3 | 9,0                     |
| Пилигрим                            | 50,0                             | 55,7 | 14,6                    |
| сн17-14                             | 38,9                             | 45,8 | 7,9                     |
| сн76-16                             | 48,1                             | 49,9 | 28,6                    |
| сн1022-09                           | 46,9                             | 56,2 | 24,8                    |
| Деснянский 2 40 кР Со <sup>60</sup> | 48,9                             | 55,1 | -                       |
| сн 816-09                           | 46,9                             | 48,8 | 14,1                    |

На фузариозном инфекционном фоне с поражением ниже 10% за три года исследований выделилось большое количество форм белого люпина. Это сортообразцы гибридного и мутантного происхождения сн 25-11, сн 15-15, сн 18-13, сн 40-15, сн 2-17, и другие. К сожалению, все эти образцы оказались восприимчивыми к антракнозу и только номера сн 25-11, сн 816-09 и Деснянский 2 40 кР Со<sup>60</sup> можно характеризовать как среднеустойчивые к антракнозу и фузариозу.

**Заключение**

Таким образом, для выделения перспективных образцов с комплексной устойчивостью к болезням, которые будут использоваться в дальнейшей селекции необходимо проводить многократный индивидуальный отбор менее поражаемых форм при оценке селекционного материала люпина белого на инфекционных фонах.

**Литература**

1. Вишнякова М.А., Власова Е.В., Егорова Г.П. Генетические ресурсы люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) и их роль в доместикации и селекции культуры. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25. – № 6. – С. 620-630. DOI: 10.18699/VJ21/070
2. Новик Н.В., Гераськин С.А., Якуб И.А. Влияние гамма-облучения семян на внутрисортную изменчивость количественных признаков люпина желтого. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2022. – Том 62. – № 6. – С. 633-641. DOI: 10.31857/S086980312206008X
3. Yagovenko G.L., Lukashovich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V. and Misnikova N.V. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.,- 2022. Vol. 1010. P. 012096. DOI:10.1088/1755-1315/1010/1/012096
4. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Мисникова Н.В., Слесарева Т.Н., Такунов И.П., Пимохова Л.И., Яговенко Т.В. Люпин – селекция, возделывание, использование. // Брянск. – 2020. – 304 с.
5. Никифорова С. А. Эффективность способов защиты посевов в технологии возделывания люпина белого. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2(34). – С. 41-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11168
6. Ашмарина Л. Ф., Бакшаев Д. Ю., Ермохина А. И., Садохина Т. А. Болезни люпина в Западной Сибири. // Защита и карантин растений. – 2019. – № 2. – С. 19-21.
7. Селиванова М.Е., Захарова М.В., Свириденко Т.В., Харяборкина Н. И. Комплексная оценка белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу в условиях искусственных инфекционных фонов. // Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками

продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Орел. ГНУ ВНИИ ЗБК – 2017. – С. 158-163.

8. Ковтун Р.Н., Малышкина Ю.С., Равков Е.В. Результаты оценки коллекции белого люпина на устойчивость к антракнозу. // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Заслуженного агронома БССР, Почётного профессора БГСХА А.М. Богомолова. Горки. – 2020. – С. 186-189.

9. Дашкевич Ю.А., Зарембо Е. В. Распространение и фенотипическая изменчивость возбудителя антракноза люпина в Беларуси. // Сб. материалов международной научно-практической конференции «Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси». – 2022. – С. 53-56.

10. Малышкина Ю.С., Равков Е.В., Ковтун Р.Н. Скрининг коллекции белого люпина на толерантность к антракнозу в условиях северо-востока Беларуси. // Вестник Вятского ГАТУ. – 2021. – № 3 (9). – 2 с.

11. Резвякова С.В., Архангельская А. С. Защита люпина белого от антракноза. // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 3 (72). – С. 83-86.

12. Якушева А.С., Соловьянова Н.Н. Оценка люпина на устойчивость к антракнозу. // Методические рекомендации. Брянск. – 2001. – 18 с.

#### References

1. Vishnyakova M.A., Vlasova E.V., Egorova G.P. Geneticheskiye resursy lyupina uzkolistnogo (*Lupinus angustifolius* L.) i ikh rol' v domestikatsii i selektsii kul'tury [Genetic resources of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) and their role in its domestication and breeding]. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021, Vol. 25, No. 6, pp. 620–630. DOI: 10.18699/VJ21/070 (In Russian).

2. Novik N.V., Geras'kin S.A., Yakub I.A. Vliyanie gamma-oblucheniya semyan na vntrisortovuyu izmenchivost' kolichestvennykh priznakov lyupina zheltogo [Effect of  $\gamma$ -irradiation of seeds on intravariety variability of quantitative characters of yellow lupin]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2022, No. 62 (6), pp. 633-641. DOI: 10.31857/S086980312206008X (In Russian).

3. Yagovenko G. L., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Novik N. V. and Misnikova N. V. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2022. Vol. 1010. P. 012096. DOI:10.1088/1755-1315/1010/1/012096

4. Kosolapov V.M., Yagovenko G.L., Lukashevich M. I., Ageeva P.A., Novik N.V., Misnikova N.V., Slesareva T.N., Takunov I.P., Pimokhova L.I., Yagovenko T.V. Lyupin – selektsiya, vozdelevaniye, ispol'zovaniye [Lupin – breeding, cultivation and use]. Bryansk, 2020, 304 p. (In Russian).

5. Nikiforova S.A. Effektivnost' sposobov zashchity posevov v tekhnologii vozdelevaniya lyupina belogo [Effectiveness of crop protection methods in white lupine cultivation technology]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020, No. 2 (34), pp. 41-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11168 (In Russian).

6. Ashmarina L.F., Bakshaev D.Yu., Ermokhina A.I., Sadokhina T.A. Bolezni lyupina v Zapadnoy Sibiri [Lupine diseases in western Siberia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2019, No. 2, pp. 19-21. (In Russian).

7. Selivanova M.E., Zakharova M.V., Sviridenko T.V., Kharaborkina N.I. Complex evaluation of white lupin for resistance to anthracnose and fusaria under artificial infectious background. Fundamental'nye osnovy upravleniya selektsionnym protsessom sozdaniya novykh genotipov rasteniy s vysokimi khozyaystvenno tsennymi priznakami produktivnosti, ustoychivosti k bio- i aбиострессорам: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Орел. 2017, GNU VНИИ ZBK, pp. 158-163. (In Russian).

8. Kovtun R.N., Malysheva Yu.S., Ravkov E.V. Rezul'taty otsenki kolleksii belogo lyupina na ustoychivost' k antraknozu [Evaluation results of white lupin collection for anthracnose resistance]. *Tekhnologicheskie aspekty vozdelevaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: materialy XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu Zasluzhennogo*

agronoma BSSR, Pochetnogo professora BGSKhA A.M. Bogomolova. Gorki. 2020, pp. 186-189. (In Russian).

9. Dashkevich Yu.A., Zarembo E.V. Rasprostranenie i fenotipicheskaya izmenchivost' возбуdivatelya antraknoza lyupina v Belarusi [Dissemination and phenotypic variability of anthracnose agent of lupin in Belorussia]. Sb. materialov Mezhdunarodnoy nauchnoy-prakticheskoy konferentsii «Strategiya, priority i dostizheniya v razvitii zemledeliya i selektsii sel'skokhozyaystvennykh rasteniy v Belarusi». 2022, pp. 53-56. (In Russian).

10. Malyshkina Yu.S., Ravkov E.V., Kovtun R.N. Skrining kollektzii belogo lyupina na tolerantnost' k antraknozu v usloviyakh severo-vostoka Belarusi [Screening of white lupine collection for tolerance to anthracnosis in the North-East of Belarus. *Vestnik Vyatskogo GATU*. 2021, No. 3 (9), pp. 2. (In Russian).

11. Rezvyakova S.V., Arkhangel'skaya A.S. Zashchita lyupina belogo ot antraknoza [Protection of white lupin from anthracnose]. *Vestnik agrarnoy nauki*. 2018, No. 3 (72), pp. 83-86. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.3.83 (In Russian).

12. Yakusheva A.S., Solov'yanova N.N. Otsenka lyupina na ustoychivost' k antraknozu [Lupin evaluation for anthracnose resistance]. *Metodicheskie rekomendatsii*. Bryansk, 2001, 18 p. (In Russian).

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА РОССИИ

А.Н. КРЮКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: krukov31@rambler.ru.

А.Н. КИЗИЛОВ, аспирант

О.Ю. АРТЕМОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

\*А.М. ХЛОПЯНИКОВ, доктор сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО БЕЛГОРОДСКИЙ ГАУ ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА

\*ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Аннотация.** На протяжении всего периода вегетации растений кукурузы на всех вариантах опыта за годы исследований получены оптимальные показатели плотности почвы, лишь отмечена тенденция к ее снижению по безотвальной обработке. В фазу всходов растений по поверхностной обработке на 12-14 см по вариантам с внесением минеральных туков  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в сочетании с соломой 5 т/га, сидератом 7 т/га, навозом 30 т/га и раздельном их применении плотность почвы составила 1,16-1,18 г/см<sup>3</sup>. По безотвальному рыхлению на 28-30 см плотность почвы снижалась и оставалась на том же оптимальном уровне 1,11-1,14 г/см<sup>3</sup>. В фазу молочно-восковой спелости кукурузы по способам основной обработки тенденция по плотности почвы сохранялась, а совместное внесение минеральных и органических удобрений приводило к разуплотнению почвы по сравнению с контролем. Совместное внесение минеральных и органических удобрений увеличивало запасы продуктивной влаги в фазу всходов в слое почвы 0-30 см по поверхностному рыхлению до 49,0-50,4 мм, безотвальному рыхлению – до 52,0-54,7 мм и слое 0-100 см – до 169,8-172,4 мм и 172,4-174,8 мм, что на 3,0-4,3 мм и 2,6-2,4 выше соответственно основной обработки почвы. В фазу полной спелости зерна кукурузы запасы продуктивной влаги были меньше на вариантах с лучшим режимом питания растений и более высокой урожайностью. Самое высокое разложение клетчатки в среднем за два года наблюдалось на варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в сочетании с соломой 5 т/га, сидератом 7 т/га и навозом 30 т/га и составила 36,3% по поверхностной обработке и 38,6% безотвальному рыхлению. Эти варианты способствовали получению самой высокой урожайности зерна кукурузы – 50,7 т/га по поверхностной и 52,9 т/га по безотвальной обработкам.

**Ключевые слова:** кукуруза, урожайность, обработка почвы, удобрения.

**Для цитирования:** Крюков А.Н., Кизиллов А.Н., Артемова О.Ю., Хлопяников А.М. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на свойства почвы и урожайность кукурузы на зерно в условиях Центрально-Черноземного региона России. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):215-221. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-215-221

## THE INFLUENCE OF PRIMARY TILLAGE METHODS AND FERTILIZERS ON SOIL PROPERTIES AND GRAIN CORN YIELD IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION OF RUSSIA

A.N. Kryukov, A.N. Kizilov, O.Yu. Artemova, A.M. Khlopyanikov\*

FSBEI HE V.YA. GORIN BELGOROD STATE AGRARIAN UNIVERSITY

\*FSBEI HE BRYANSK STATE UNIVERSITY

**Abstract:** During the cultivation of corn for grain over the years of field experiments, optimal soil density values were obtained in all experimental variants throughout the entire vegetation period of plants, only a tendency towards its decrease was noted with no-till cultivation. Thus, in the phase of plant emergence with surface cultivation at 12-14 cm in variants with the introduction of mineral fertilizers  $N_{90}P_{90}K_{90}$  in combination with organic fertilizers straw 5 t/ha, green manure 7 t/ha, manure 30 t/ha and their separate application, the soil density was 1.16-1.18 g/cm<sup>3</sup>. With no-till loosening at 28-30 cm, the soil density decreased and remained at the same optimal level of 1.11-1.14 g/cm<sup>3</sup>. In the milky-wax ripeness phase of corn, the trend in soil density was maintained by the primary tillage methods, and the combined application of mineral and organic fertilizers resulted in soil loosening compared to the control. It was also found that the combined application of mineral and organic fertilizers increased the reserves of productive moisture in the germination phase in the 0-30 cm soil layer by surface loosening to 49.0-50.4 mm, non-moldboard loosening to 52.0-54.7 mm and in the 0-100 cm layer to 169.8-172.4 mm and 172.4-174.8 mm, which is 3.0-4.3 mm and 2.6-2.4 mm higher, respectively, than in the primary tillage. The research results showed that in the phase of full ripeness of corn grain, the reserves of productive moisture were lower in the variants with a better plant nutrition regime and a higher yield of corn grain. It was also established that the highest decomposition of fiber on average over two years was observed in the variant with the use of mineral fertilizers at a dose of  $N_{90}P_{90}K_{90}$  in combination with straw 5 t/ha, green manure 7 t/ha and manure 30 t/ha and amounted to 36.3% for surface cultivation and 38.6% for moldboard-less loosening. These variants contributed to obtaining the highest yield of corn grain 50.7 t/ha for surface cultivation and 52.9 t/ha for moldboard-less cultivation.

**Keywords:** corn, yield, soil cultivation, fertilizers.

### Введение

Ключевой проблемой современного аграрного комплекса является ускоренное и устойчивое наращивание зерна и кормов, удовлетворение потребностей населения страны отечественными недорогими и одновременно качественными продуктами питания, а сельскохозяйственных животных кормами. В условиях биологизации земледелия решение этой проблемы связано с переходом на ресурсосберегающие, малозатратные экологически обоснованные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур [1, 2].

Центрально-Черноземный регион имеет благоприятные почвенно-климатические условия для интенсивного ведения полевого кормопроизводства, обеспечения животноводства собственными кормами в полной потребности. Вместе с тем имеющийся потенциал региона используется далеко не полностью. Урожайность большинства кормовых культур, и прежде всего кукурузы (*Zea mays* L.), как в данном регионе, так и в России в целом, значительно ниже возможной, а качество кормов остается низким [3, 4].

Биологизация земледелия особенно при возделывании кукурузы на зерно, требует не только размещения её в кормовых и полевых севооборотах, но и правильного научного обоснованного подбора высокопродуктивных гибридов, рациональных видов и способов применения органических и минеральных удобрений, способов основной обработки почвы [5,6]. Оптимизация применения этих основных технологических приемов позволяет трансформировать технологии возделывания кукурузы применительно к почвенно-климатическим условиям региона, существенно увеличить урожайность, повысить рентабельность производства, снизить энергозатраты [7, 8]. Всё это и определяет необходимость комплексного изучения влияния радикальных приёмов основной обработки почвы, органических и минеральных удобрений, средств защиты растений на водные, агрофизические и биологические свойства почвы, урожайность кукурузы, что является необходимым условием для биологизации земледелия.

### Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2022 и 2023 гг. на агрономическом факультете Белгородского ГАУ и АО «Бирючинский» Красногвардейского района Белгородской области. Почва опытного участка чернозём выщелоченный, среднемощный, глинистый.

Агрохимические показатели почвы: содержание гумуса 4,8%, гидролизуемого азота 147 мг/кг, подвижного фосфора 96 мг/кг, обменного калия 159 мг/кг, рН солевой вытяжки 5,50.

Объектом исследования был гибрид кукурузы **Машук 335**, который возделывали в зернопропашном севообороте после озимой пшеницы. Площадь учетных делянок в опыте 168 м<sup>2</sup> (40х4,2 м), размещение делянок систематическое, в трёхкратной повторности. Схемой опыта было предусмотрено два способа основной обработки почвы: поверхностная обработка на глубину 12-14 см и безотвальная обработка на 28-30 см; пять фонов удобрений: **1.** без удобрений; **2.** N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>; **3.** N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>+солома+ сидерат; **4.** N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>+навоз 30т/га; **5.** N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>+солома+сидерат+навоз 30 т/га.

В качестве органических удобрений использовали навоз 30 т/га, сидерат (зелёная масса горчицы белой) 7 т/га, солому озимой пшеницы 5 т/га, минеральные удобрения в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, весной под предпосевную обработку почвы вносили N<sub>74</sub>P<sub>74</sub>K<sub>74</sub>, а при посеве в рядки азофоску N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub>. Поверхностную обработку почвы проводили дисковой бороной HORSCH Joker RT, глубокое рыхление – глубокорыхлителем GASPARDO ARTIGLIO.

Посев кукурузы проводили с нормой высева 80 тыс. шт/га семян шестирядной сеялкой KINZE-2000 с междурядьями 70 см., в оптимальные сроки посева. Уход за посевами общепринятый для региона. Уборку урожая проводили зерноуборочным комбайном CLHNS Jaguar. При закладке полевого опыта руководствовались методикой полевого опыта по Б.А. Доспехову (1985), учеты и наблюдения проводили согласно существующим методикам, принятым в опытах по земледелию и растениеводству.

### Результаты и их обсуждение

Важным агрономическим показателем почвы является плотность, которая оказывает влияние не только на плодородие почвы, но и на рост и развитие растений, урожайность кукурузы. Наблюдения, проведенные в 2022-2023 гг. по влиянию приемов основной обработки почвы и удобрений на плотность чернозема типичного показали, что она была оптимальной по вариантам опыта и срокам определения.

Как по поверхностной обработке на 12-14 см, так и по безотвальному рыхлению на 28-30 см плотность почвы находилась в близком состоянии к оптимальным значениям. Полученные результаты показали, что плотность пахотного слоя почвы по поверхностной обработке была на 0,03-0,06 г/см<sup>3</sup> выше, чем по безотвальной обработке, это связано с уплотнением нижнего слоя почвы 15-30 см (табл. 1).

Таблица 1

**Плотность почвы в слое 0-30 см под кукурузой на зерно в зависимости от приемов возделывания, г/см<sup>3</sup> (2022-2023 гг.)**

| Варианты опыта                                                                                 | Всходы                  |                        | Полная спелость         |                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                                                                                | Поверхностная обработка | Безотвальная обработка | Поверхностная обработка | Безотвальная обработка |
| Контроль (без удобрений)                                                                       | 1,19                    | 1,16                   | 1,27                    | 1,25                   |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                                | 1,19                    | 1,15                   | 1,27                    | 1,26                   |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +солома 5т/га + сидерат 7т/га                  | 1,17                    | 1,14                   | 1,25                    | 1,23                   |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +навоз 30 т/га                                 | 1,18                    | 1,12                   | 1,24                    | 1,22                   |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га +сидерат 7 т/га + навоз 30 т/га | 1,16                    | 1,11                   | 1,23                    | 1,20                   |

Также установлено, что внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> без органических удобрений не приводило к снижению плотности почвы по обоим приемам

основной обработки, которая была на уровне контроля. Тогда как совместное применение минеральных и органических удобрений снижало плотность почвы.

Результаты наблюдений за запасами продуктивной влаги в течение вегетационных периодов 2022 и 2023 гг. показали, что на влагонакопление и водопотребление в значительной степени влияли приемы основной обработки почвы и удобрения. Совместное внесение органических и минеральных удобрений увеличивали запасы влаги в фазу всходов в слое почвы 0-30 см по поверхностной обработке до 49,0-50,4 мм, безотвальной рыхлению – до 52,6-54,7 мм. и слое 0-100 см с 169,8 до 172,4 мм и 172,4 до 174,8 мм соответственно и обеспечивали хорошие условия для дальнейшего роста растений кукурузы (табл. 2).

Таблица 2

**Запасы продуктивной влаги в почве под кукурузой на зерно, мм (ср.2022-2023 гг.)**

| Варианты опыта                                                                             | Всходы         |       | Полная спелость |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-----------------|-------|
|                                                                                            | Слой почвы, см |       |                 |       |
|                                                                                            | 0-30           | 0-100 | 0-30            | 0-100 |
| <b>Поверхностная обработка на 12-14 см</b>                                                 |                |       |                 |       |
| Контроль (без удобрений)                                                                   | 48,9           | 160,2 | 15,3            | 94,6  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                            | 47,2           | 162,4 | 14,2            | 91,3  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га + сидерат 7т/га             | 49,0           | 170,8 | 13,3            | 90,2  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + навоз 30т/га                             | 49,3           | 169,8 | 12,2            | 89,8  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +солома 5т/га+сидерат 7 т/га+навоз 30 т/га | 50,4           | 172,4 | 12,4            | 87,6  |
| <b>Безотвальная обработка на 28-30 см</b>                                                  |                |       |                 |       |
| Контроль (без удобрений)                                                                   | 49,9           | 163,5 | 17,4            | 102,4 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                            | 48,7           | 165,2 | 16,6            | 100,2 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га+ сидерат 7т/га              | 52,6           | 172,4 | 16,0            | 97,4  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + навоз 30т/га                             | 53,0           | 173,0 | 15,6            | 96,2  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +солома 5т/га+сидерат 7 т/га+навоз 30 т/га | 54,7           | 174,8 | 15,2            | 95,3  |

Необходимо отметить, что к уборке различия по запасам продуктивной влаги также зависели от приемов основной обработки и различных видов органических удобрений в сочетании с минеральными и существенно снижались по сравнению с первым определением в фазу всходов растений кукурузы. Также установлено, что запасы продуктивной влаги были меньше на вариантах опыта с лучшим режимом питания растений и более высокой урожайностью зерна кукурузы.

Важным показателем плодородия является биологическая активность почвы, которая характеризуется общей биологической активностью микроорганизмов, их интенсивностью разлагать клетчатку, которая определяется по степени разрушения и убыли ее сухой массы за определенный период времени. По нашим данным установлено, что при проведении безотвальной обработки отмечено увеличение биологической активности почвы в слое 0-30 см по сравнению с поверхностной обработкой. Наибольшая активность разложения ткани по безотвальной обработке связана с улучшением аэрации в нижнем слое почвы. Применение минеральных удобрений в сочетании с органическими оказывали значительное влияние на разложение клетчатки. Варианты опыта с применением органических удобрений соломы 5 т/га, сидератов 7 т/га, навоза 30 т/га, в сочетании с минеральными N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> по обоим способам основной обработки почвы способствовали более интенсивному разложению ткани. На контрольном варианте без удобрений и минеральном фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> в среднем за два года активность разрушения целлюлозы была существенно ниже – 24,9 и 31,3%, чем по поверхностной обработке – 26,2 и по безотвальной – 32,8%. Следует отметить, что самое высокое разрушение клетчатки в среднем за два года наблюдалось на варианте с применением минеральных удобрений N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> в сочетании с органическими соломой 5 т/га, сидератом 7 т/га, навозом 30 т/га и составило 36,3% по поверхностной обработке и 38,6% при безотвальном рыхлении.

Следовательно, внесение органических удобрений в сочетании с минеральными активизирует плодородие почвы, рост и развитие растений и в конечном итоге повышает урожайность зерна кукурузы (табл. 3).

Таблица 3

**Целлюлозоразрушающая активность почвы в слое 0-30 см под кукурузой на зерно в зависимости от приемов возделывания, % к исходной массе (ср. за 2022-2023 гг.)**

| Варианты опыта                                                                                  | 23.07-01.09<br>2022 г. | 22.07-31.08<br>2023 г. | Среднее за<br>2 года |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| <b>Поверхностная обработка на 12-14 см</b>                                                      |                        |                        |                      |
| Контроль (без удобрений)                                                                        | 24,2                   | 25,7                   | 24,9                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                                 | 30,6                   | 32,0                   | 31,3                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га + сидерат 7т/га                  | 33,4                   | 35,6                   | 34,5                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + навоз 30т/га                                  | 34,2                   | 36,8                   | 35,5                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га + сидерат 7 т/га + навоз 30 т/га | 35,2                   | 37,3                   | 36,3                 |
| <b>Безотвальная обработка на 28-30 см</b>                                                       |                        |                        |                      |
| Контроль (без удобрений)                                                                        | 25,3                   | 27,0                   | 26,2                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                                 | 31,4                   | 34,2                   | 32,8                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га+ сидерат 7т/га                   | 34,6                   | 36,7                   | 35,7                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + навоз 30т/га                                  | 35,7                   | 38,7                   | 37,2                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га + сидерат 7 т/га + навоз 30 т/га | 37,2                   | 40,0                   | 38,6                 |

Урожайность зерна кукурузы на протяжении двух лет зависела, как от основной обработки почвы, так и от различных сочетаний применяемых минеральных и органических удобрений. В среднем за годы исследований урожайность зерна кукурузы по безотвальной обработке на 28-30 см была выше, чем по поверхностной: на контрольном варианте она составила 40,0 т/га по безотвальной обработке и 38,6 т/га – на поверхностной. Выше была получена урожайность биомассы на варианте с внесением минеральных удобрений N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> по безотвальной обработке – 45,4 т/га и по поверхностной – 43,8 т/га (табл. 4).

Таблица 4

**Урожайность зерна кукурузы в зависимости от технологических приемов возделывания, т/га**

| Варианты опыта                                                                                  | 2022 г. | 2023 г. | Среднее,<br>т/га | Отклонение |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------|------------|------|
|                                                                                                 |         |         |                  | т/га       | %    |
| <b>Поверхностная обработка на 12-14 см</b>                                                      |         |         |                  |            |      |
| Контроль (без удобрений)                                                                        | 37,5    | 39,7    | 38,6             | -          | -    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                                 | 42,6    | 45,0    | 43,8             | 5,2        | 13,5 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га + сидерат 7т/га                  | 43,2    | 46,8    | 45,0             | 6,4        | 16,6 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + навоз 30т/га                                  | 44,3    | 48,0    | 46,2             | 7,6        | 19,6 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га + сидерат 7 т/га + навоз 30 т/га | 48,1    | 53,2    | 50,7             | 12,1       | 31,1 |
| <b>Безотвальная обработка на 28-30 см</b>                                                       |         |         |                  |            |      |
| Контроль (без удобрений)                                                                        | 38,8    | 41,2    | 40,0             | -          | -    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                                 | 43,8    | 47,0    | 45,4             | 5,4        | 13,5 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га+ сидерат 7 т/га                  | 46,0    | 49,6    | 47,8             | 7,8        | 19,5 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + навоз 30т/га                                  | 46,9    | 50,2    | 48,9             | 8,9        | 22,3 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + солома 5т/га + сидерат 7 т/га + навоз 30 т/га | 50,4    | 55,4    | 52,9             | 12,9       | 32,6 |
| НСР <sub>05</sub>                                                                               | 2,7     | 2,9     |                  |            |      |

Экспериментально доказано, что органические удобрения солома 5 т/га, сидерат 7 т/га в сочетании с минеральными туками  $N_{90}P_{90}K_{90}$  увеличивали урожайность на 7,8 т/га или 19,5% по безотвальной обработке и 6,4 т/га или 16,6% – по поверхностной по сравнению с контролем. На вариантах опыта с внесением  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в сочетании с навозом 30 т/га урожайность зерна увеличивалась на 8,9 т/га или 22,3% – на безотвальной и 7,6 т/га или 19,9% по поверхностной обработке.

Полное сочетание минеральных удобрений  $N_{90}P_{90}K_{90}$  и органических – соломы 5 т/га, сидерата 7 т/га и навоза 30 т/га способствовали получению самой высокой урожайности зерна кукурузы – 52,9 т/га по безотвальной обработке и 50,7 т/га – по поверхностной обработке. Общий прирост зерна по сравнению с контролем составил 32,6 и 31,1% соответственно способом основной обработки почвы.

### **Заключение**

Таким образом, на основании проведенных исследований на черноземе типичном Центрально – Черноземного региона установлено, что для формирования высоких урожаев зерна кукурузы необходимо применять безотвальную обработку почвы на 28-30 см, внесение минеральных удобрений  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в сочетании с соломой озимой пшеницы 5,0 т/га, сидератом горчицы белой 7,0 т/га, навозом 30 т/га, что обеспечивает урожайность зерна на уровне 51,0 т/га по поверхностной и 53,0 т/га по безотвальной обработкам почвы. Этому способствовали оптимальные показатели плотности почвы, ее биологическая активность, запасы продуктивной влаги в пахотном и метровом слоях почвы.

### **Литература**

1. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. Концепция - Пушкино. – 1994. – 174 с.
2. Беляк В.Б. Биологизация сельскохозяйственного производства (теория и практика). - Пенза: ОАО Изд. – во: Полиграфический комплекс «Пензенская правда». – 2008. – 320 с.
3. Шевченко В.Е., Федотов В.А. Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в Центральном Черноземье. - Воронеж: Изд.- во ВГАУ. – 2004. – 306 с.
4. Наумкин В.Н., Стебаков В.А., Хлопяников А.М., Наумкин А.В. Эколого-биологические аспекты адаптивности ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур в условиях ЦЧР. // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. – 2001. – № 4. – С. 42-43.
5. Воронин А.Н., Крюков А.Н. Влияние погодных условий и питательного режима почвы на урожайность силосной кукурузы. // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК: Сборник докладов национальной конференции. Белгород, 30 ноября 2020 года. - Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. – 2020. – С. 20-21.
6. Акинчин А.В., Кузнецова Л.Н., Линков С.А. Формирование урожая и качества силоса кукурузы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений. // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 18-20.
7. Крюков А.Н., Наумкин В.Н., Хлопяников А.М. Морфологические и биологические особенности кукурузы и приёмы её возделывания. // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК: Сборник докладов национальной конференции. Белгород, 30 ноября 2020 г. Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. – 2020. – С. 76-77.
8. Ширяев А.В., Акинчин А.В., Кузнецова Л.Н. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на возврат в почву элементов питания с корневой массой кукурузы. // Кукуруза и сорго. – 2006. – № 6. – С. 10-12.

### **References**

1. Zhuchenko A.A. Strategy for adaptive intensification of agriculture. Concept, Pushchino, 1994, 174 p. (In Russian)
2. Belyak V.B. Biologization of agricultural production (theory and practice), Penza: OJSC Publishing House, printing complex "Penzenskaya Pravda", 2008, 320 p. (In Russian)
3. Shevchenko V.E., Fedotov V.A. Biologization and adaptive intensification of agriculture in the Central Black Earth Region, Voronezh: Publishing house - VSAU, 2004, 306 p. (In Russian)

4. Naumkin V.N., Stebakov V.A., Khlopyanikov A.M., Naumkin A.V. Ecological and biological aspects of adaptability of resource-saving technologies for cultivating field crops in the conditions of the Central Chernobyl Region. *Bulletin of the Kursk Agricultural Academy*. 2001, no. 4, pp. 42-43. (In Russian)
5. Voronin A.N., Kryukov A.N. The influence of weather conditions and soil nutritional regime on the yield of silage corn. Agricultural science in the conditions of innovative development of the agro-industrial complex: Collection of reports of the national conference. Belgorod, November 30, 2020, Belgorod, November 30, 2020. Belgorod: Gorin Belgorod State Agrarian University, 2020, pp. 20-21. (In Russian)
6. Akinchin A.V., Kuznetsova L.N., Linkov S.A. Formation of the yield and quality of corn silage depending on the methods of basic tillage and fertilizers. *Kukuruza i sorgo*, 2012, no. 3, pp. 18-20. (In Russian)
7. Kryukov A.N., Naumkin V.N., Khlopyanikov A.M. Morphological and biological features of corn and methods of its cultivation. Agricultural science in the conditions of innovative development of the agro-industrial complex: Collection of reports of the national conference. Belgorod, November 30, 2020, Belgorod, November 30, 2020, Gorin Belgorod State Agrarian University, 2020, pp. 76-77. (In Russian)
8. Shiryaev A.V., Akinchin A.V., Kuznetsova L.N. The influence of methods of basic soil cultivation and fertilizers on the return of nutrients to the soil with the root mass of corn. *Kukuruza i sorgo*, 2006, no.6, pp. 10-12. (In Russian)

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА  
ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР**

**Н.Г. ХМЫЗОВА**, кандидат педагогических наук, ORCID ID: 0000-0001-7125-6976  
**Н.В. ГРЯДУНОВА**, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0009-0002-9390-0464

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

*Аннотация.* В статье отражены вопросы информационно-консультационного обеспечения научных исследований по тематике НИОКТР в реализации научно-технологического развития по направлениям деятельности Центра. В настоящее время Государственное сортоиспытание проходят 16 новых сортов, получены патенты и авторские свидетельства на селекционные достижения. Сорты селекции ФНЦ ЗБК отличаются сочетанием важнейших признаков и свойств, обеспечивающих технологичность культур, пластичность, урожайность и качество продукции. Пропаганда селекционных достижений организована участием в конкурсах, на выставках разного уровня, опытно-экспериментальных делянках и демонстрационных площадках.

Ведется активная работа по привлечению талантливой молодежи к научной деятельности в рамках проекта «Десятилетия науки и технологий». Ведущие ученые ФНЦ ЗБК - участники проекта «Путь в науку» приглашают школьников, студентов на экскурсии в свои лаборатории, чтобы увидеть, как проходят научные эксперименты и рабочие будни ученых.

В 2024 году Российская академия наук отметила свое 300-летие со дня образования. Федеральным научным центром зернобобовых и крупяных культур были проведены запланированные мероприятия, посвященные этой дате, которые позволили собрать на экспериментальных посевах научное сообщество, представителей реального сектора экономики АПК. В рамках практических семинаров, экспертных совещаний прошло широкое обсуждение вопросов, связанных с современными достижениями и перспективными направлениями в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур в России в условиях импортозамещения.

**Ключевые слова:** научная деятельность, информационное обеспечение, сорта, селекционные достижения, патенты, международное сотрудничество.

**Для цитирования:** Хмызова Н.Г., Грядунова Н.В. Информационная поддержка реализации научных исследований Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):222-228. DOI: 10.24412/2309-348X-2024- 4-222-228

**INFORMATION SUPPORT FOR THE IMPLEMENTATION OF SCIENTIFIC  
RESEARCH AT THE FEDERAL SCIENTIFIC CENTER  
OF LEGUMES AND GROAT CROPS**

**N.G. Khmyzova, N.V. Gryadunova**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

*Abstract:* the article reflects the issues of information and consulting support of scientific research on the subject of R&D in the implementation of scientific and technological development in the areas of activity of the center. Currently, 16 new varieties are undergoing state variety testing, and patents and author's certificates for breeding achievements have been obtained. The varieties of

*FSC LGC breeding are distinguished by a combination of the most important traits and properties that ensure crop technology, plasticity, yield and product quality. Promotion of breeding achievements is organized by participation in competitions, exhibitions of different levels, experimental plots and demonstration sites.*

*Active work is under way to attract talented young people to scientific activities within the framework of the Decade of Science and Technology project. Leading scientists of FSC LGC - participants of the 'Path to Science' project - invite schoolchildren and students on excursions to their laboratories to see how scientific experiments and working days of scientists are conducted.*

*In 2024, the Russian Academy of Sciences celebrated its 300th anniversary. Federal Scientific Center of legumes and groat crops held planned events dedicated to this date, which allowed to gather the scientific community, representatives of the real sector of the agro-industrial complex economy on experimental crops. Within the framework of practical seminars, expert meetings there was a wide discussion of issues related to modern achievements and promising trends in breeding and seed production of agricultural crops in Russia under the conditions of import substitution.*

**Keywords:** scientific activity, information support, varieties, breeding achievements, patents, international cooperation.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» выполняет фундаментальные приоритетные и прикладные исследования по вопросам селекции, семеноводства, технологии возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур в соответствии с Государственными заданиями и Грантами.

За период деятельности коллектив учёных и специалистов Центра добился значительных результатов в области фундаментальных, теоретических исследований, научных разработок, изобретений. За 68-летний период научной деятельности создано более 250 сортов, 22 полевых культур, из которых 140 по результатам Государственного сортоиспытания были допущены к использованию в производстве различных регионов России, Беларуси, Казахстана и других стран. Новые сорта гороха, фасоли, вики посевной яровой, чечевицы, сои, гречихи, проса, озимой и яровой пшеницы, ячменя, овса обладают высоким уровнем адаптации к различным почвенно-климатическим зонам, о чём свидетельствует широкий спектр регионов их возделывания. В настоящее время государственное испытание проходят 16 новых сортов. Получено 52 патента на селекционные достижения.

Сорта селекции ФНЦ ЗБК отличаются сочетанием важнейших признаков и свойств, обеспечивающих технологичность культур, пластичность, урожайность и качество продукции. По своим биологическим и хозяйственным параметрам, они не уступают селекционным достижениям лучших зарубежных и отечественных аналогов. Созданы сорта гороха, сои, гречихи, проса продовольственного, кормового назначения, для технических целей, сочетающих продуктивность и устойчивость к полеганию, детерминантным типом роста стебля, нерастрескивающимися бобами, с высоким содержанием белка в зерне. За комплекс хозяйственно ценных признаков, широкое районирование, высокие потребительские и технологические качества, большинство из созданных сортов Центра отмечены дипломами и медалями.

На современном этапе особое значение в селекционной работе Центра принадлежит приоритетным исследованиям по созданию гетерофильных морфотипов гороха и люпиноидных форм. Впервые создан в России высокоамилозный технологичный сорт зернового гороха Амиор. В Государственный реестр на 2024 год внесены новые сорта гороха посевного Родник, Оптимус, Эстафета, Ягуар, Столетник.

Созданы новые высокопродуктивные сорта с комплексом хозяйственно ценных признаков и выявлены физиологические механизмы высокой продуктивности новых сортов фасоли Стрела, Маркиза, Хабаровская, Купава, которые сочетают компактный устойчивый стебель, высокое прикрепление нижних бобов, что способствует качественной уборке этой ценной продовольственной культуры.

Создание и внедрение в производство целого ряда сортов сои с высоким уровнем технологичности Ланцетная, Свапа, Зуша, Мезенка, Осмонь, Шатиловская 17, позволило

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (52) 2024 г. существенно расширить границы возделывания этой важной культуры. Сегодня работа по сое выполняется при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-2021-546. Первый детерминантный сорт Орлея внесён в Госреестр селекционных достижений РФ с 2024 года, проходят государственное испытание ряд новых сортов.

Разработка научных основ использования в селекции гречихи межвидовой и внутривидовой гибридизации, комплексного использования мутаций позволили создать сорта гречихи нового поколения с повышенными адаптивными свойствами: детерминантные, крупнозёрные, зеленоцветковые, скороспелые, ценные по качеству. Особое место занимают перспективные новые сорта гречихи: Даша, Диана, Даная.

Не имеют аналогов новые конкурентоспособные высокоурожайные сорта проса: Атлет, Памяти Котляра, с генетически обусловленной защитой от болезней, крупнозёрные, с отличным качеством пшена.

Учёные ФНЦ ЗБК решают приоритетную задачу интенсификации всего комплекса научных исследований, включающего создание сортов по заданным параметрам, организацию их первичного семеноводства и разработку сортовой агротехники. Главным в селекции, наряду с повышением биологического потенциала продуктивности, стало сочетание технологических признаков, реализующих генетический потенциал сорта, особое внимание обращается на те элементы в биологии культуры и технологии выращивания, с которыми связано сокращение потерь и затрат при формировании урожая.

На всех этапах своей деятельности ФНЦ ЗБК является научно-методическим и координирующим Центром по проблемам производства зерновых, зернобобовых культур, гречихи и проса в России, разрабатывает перспективные программы фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению развития АПК [1]. Организует и проводит Всероссийские, Международные конференции, совещания, семинары, съезды, симпозиумы, Дни поля, в которых с целью активной пропаганды, научных достижений ведущие ученые России, ближнего и дальнего зарубежья принимают активное участие [2].

В соответствии с планами мероприятий Министерства науки и высшего образования РФ, Российской академии наук, которая в этом году отметила свое 300-летие ФНЦ зернобобовых и крупяных культур провели знаковое мероприятие – Международная научная конференция **«Научно-технологическое развитие растениеводства на основе взаимодействия науки, технологий и производства»**, которая прошла в рамках Аграрной недели Орловской области. Программа предусматривала широкое обсуждение вопросов, связанных с современными достижениями и перспективными направлениями в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур в России в условиях импортозамещения, рис.1 [3].



*Рис. 1. Участники Дня Поля на опытных посевах ФНЦ ЗБК, 2024 г.*

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (52) 2024 г.

Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур поддерживает и развивает международное научно-техническое сотрудничество в рамках двухсторонних договоров с учреждениями стран СНГ – Казахстана, Белоруссии и стран дальнего зарубежья – Китая, Молдовы. В процессе сотрудничества осуществляется обмен селекционным материалом, научной литературой, приглашением делегаций учёных для участия в конференциях.

В 2024 году в рамках международного научного сотрудничества центр посетила делегация из НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина» (г. Астана, республика Казахстан) в составе к.с.-х.н., заведующей кафедрой «Земледелие и растениеводство» Байтеленовой Алии Аскеровны и к.с.-х.н., ассоциированным профессором Кипшакбаевой Гульден Амангельдиновны. Гости посетили музей центра, ознакомились с коллекцией новых сортов сои, гречихи, гороха и других сельскохозяйственных культур, а также различной продукцией из них. На встрече с руководством центра и ведущими учеными были обсуждены перспективы дальнейшего сотрудничества и обмена опытом. Согласованы сроки и график стажировки докторанта 3-го курса университета в ФГБНУ ФНЦ ЗБК под руководством научного руководителя центра, член-корреспондента РАН, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Зотикова Владимира Ивановича.

Участие в торжественных мероприятиях, посвященных 90-летию Северо-западного университета сельского и лесного хозяйства, в городах Яньань и Юлинь прошел Второй Китайско-Беларусский форум сотрудничества в рамках инновационного Альянса Шелкового пути. Директор ФНЦ ЗБК Полухин А.А. выступил с докладом, в котором представлены результаты научно-производственной деятельности, исследовательская работа ученых и структура научных лабораторий центра. Состоялось торжественное подписание договора о сотрудничестве ФНЦ ЗБК и открытие Демонстрационной базы в Хэчжуаннин г. Яньань [4].

В г. Сиань, КНР 19 сентября 2024 г состоялся 3 форум ректоров сельскохозяйственных университетов стран Шанхайской организации сотрудничества, в котором принимает участие делегация ФНЦ ЗБК в составе директора Полухина А.А. и зам. директора по научной работе Панариной В.И. Ректор северо-западного университета У. Пуе торжественно открывая мероприятие, отметил большое значение сотрудничества стран ШОС. Форум собрал представителей таких стран как Китай, Россия, Беларусь, Казахстан, Таджикистан, Пакистан, Узбекистан, рис. 2.



*Рис. 2. Участники 3 форума ректоров сельскохозяйственных университетов стран Шанхайской организации сотрудничества. Китай, 2024 г.*

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (52) 2024 г.

ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» вошел во Всероссийский реестр объектов научно-популярного туризма. Ведущие ученые ФНЦ ЗБК – участники проекта в течение года приглашают слушателей на экскурсии в свои лаборатории и организации. Ученые откроют двери в лаборатории, позволив всем желающим «прикоснуться» к науке: увидеть, где проходят рабочие будни ученых, взглянуть на исследовательское оборудование и узнать, как проходят научные эксперименты.

24 октября в рамках инициативы «Наука рядом», которая проходит в рамках Десятилетия науки и технологий в России, а также Всероссийского проекта «Билет в будущее», который направлен на раннюю профессиональную ориентацию обучающихся, на базе Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур состоялось увлекательное мероприятие. Ведущие ученые центра ФНЦ ЗБК и члены Совета молодых ученых провели для ребят Троснянской школы-интерната <https://vk.com/club195993207> увлекательный экскурс в мир науки, рассказав об основных направлениях работы научного учреждения. Это стало ярким событием, способствующим популяризации науки и привлечению молодых людей к исследовательской деятельности.

Привлечение талантливой молодежи, чтобы узнать, как сегодня развивается отечественная наука, увидеть достижения ученых, побывать в исследовательских лабораториях и почувствовать себя настоящим ученым можно благодаря программе научно-популярного туризма. Она разработана по поручению Президента в рамках Десятилетия науки и технологий.

Под эгидой реализации данного проекта проходят виртуальные, полевые и интерактивные экскурсии с посещением научных лабораторий, знакомство с ведущими селекционерами и специалистами Центра. Тематической экскурсией «Путь в профессию» стала встреча научного руководителя Центра Зотикова В.И. со школьниками Стрелецкой школы, выпускников 9 классов, чтобы привлечь внимание молодых ребят к научной деятельности и к практическому решению вопросов по созданию агрошкол в Орловской области.

30 октября в Институте научной информации по общественным наукам (ИНИОН) РАН состоялась стратегическая сессия «Молодежные лаборатории: объединяясь для решения задач региона и страны». В обсуждении актуальных проблем приняли участие около 170 руководителей молодежных лабораторий, расположенных в Центральном федеральном округе. Серия стратегических сессий организована Минобрнауки России совместно с Дирекцией НТП при экспертной поддержке Координационного совета по делам молодежи в научной и образовательной сферах Совета при Президенте РФ по науке и образованию. Мероприятия стартовали 9 октября во Владивостоке. Финальная стратегическая сессия нацелена на обобщение результатов всех региональных встреч и создание дорожной карты развития молодежных лабораторий до 2030 года. В междисциплинарных командах среди участников по «мозговому штурму» в решении актуальных проблем, с которыми столкнулись молодежные лаборатории, принял участие Вилнонов С.Д., заведующий лабораторией по цифровому мониторингу в селекции и семеноводстве ФНЦ ЗБК, созданной в рамках нацпроекта «Наука и университеты». Команды проанализировали накопленный опыт, обсудили новые модели сотрудничества, техническое развитие инфраструктуры, вопросы финансирования, важность привлечения молодых кадров и внесли предложения по развитию молодежных лабораторий.

Подведены итоги XXVI Российской агропромышленной выставки «Золотая осень – 2024». Разработки ученых ФНЦ ЗБК в различных номинациях получили 4 медали.

**Золотая медаль и диплом** за проект «Сорта нового поколения – соя Орлея» в конкурсе «За успешное внедрение инновации в сельском хозяйстве».

**Серебряная медаль** и диплом за проект «Адаптивная технология сорта сои Мезенка».

**Серебряная медаль** и диплом за проект «Сорт гречихи Девятка» в номинации «Инновационные разработки в области растениеводства».

**Бронзовой медалью** и дипломом победителя в номинации «Производство зерновых и зернобобовых культур» за проект: «Антиоксидантное земледелие для устойчивого к стрессу растениеводства. Оценка перспектив использования ростостимулирующих комплексов

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (52) 2024 г. линейки «SpiruStim» при возделывании гороха» (авторы: Рыков А.М., Жилияков Д.И., Косолапова Н.И., Панарина В.И., Зубарева К.Ю., Хрыкина Т.А.) в коллаборации с учеными других учреждений в рамках трехстороннего Договора о научном сотрудничестве № б/н от 01.01.2023 г. с ООО «Биосоляр МГУ» и ФГБОУ ВО «Курский государственный университет». Результаты исследований учёных ФНЦ ЗБК широко освещаются в научных публикациях отечественных и зарубежных изданий, представляются на выставках научных достижений различных уровней. Издаются книги, монографии, сборники научных работ, научно-технические бюллетени, методики, рекомендации, учебники и учебные пособия, проспекты, каталоги и другие издания.

Приятно отметить, что ученые Центра в год 300-летия Российской академии наук были награждены юбилейными медалями РАН – В.И. Зотиков, В.С. Сидоренко, Н.В. Грядунова, Г.А. Бударина, Г.Н. Суворова, М.П. Мирошникова, А.И. Зайцева, С.В. Бобков, А.Г. Васильчиков, В.И. Мазалов, А.Н. Фесенко (см. фото).



С 1 января 2024 года изменился статус Всероссийского научно-производственного журнала «Зернобобовые и крупяные культуры», учредителем, которого является ФНЦ ЗБК. Журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» отнесён к второй категории – K2 по пяти специальностям и по результатам экспертизы включен в Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (RSCI) [5, 6].

В 2024 г. Центром издано 160 п.л. научной продукции. Среди них: 4 номера Всероссийского научно-производственного журнала «Зернобобовые и крупяные культуры» объёмом 87,5 п. л., подготовлены и опубликованы сборники и методические рекомендации:

Совместно с Департаментом сельского хозяйства Орловской области разработаны и изданы «Рекомендации по проведению комплекса весенних полевых работ в Орловской области в 2024 году», предназначенные для специалистов и руководителей сельскохозяйственного производства.

Начный сборник материалов международной научно-практической онлайн-конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 300-летию РАН «Связь науки и производства – главное направление деятельности молодых ученых», Орёл, 15–16 апреля 2024 года: – Орёл: Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, 2024. – 114 с. – DOI 10.62994/q7889-7916-7544-с. – EDN TUOEOB. В сборнике опубликованы статьи по вопросам генетики и биотехнологии, физиологии и биохимии, селекции и семеноводства, экологии, разработки технологий возделывания и защиты растений различных сельскохозяйственных культур, хранения и переработки продукции растениеводства, использования традиционных и современных методов в изучении исходного материала, а

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (52) 2024 г. также экономики производства и маркетинга.

Среди других изданий: Реестр полевых и вегетационных опытов, проводимых в ФГБНУ ФНЦ ЗБК в 2024 году, 1,9 п.л. Библиографический указатель научных трудов кандидата сельскохозяйственных наук Владимира Сергеевича Сидоренко. – Орел: ФНЦ ЗБК, – 2024. – 72 с. – EDN QGXTVX. В брошюре представлена информация о научных публикациях и достижениях кандидата сельскохозяйственных наук, заместителя директора по селекционной работе ФГБНУ ФНЦ ЗБК, заведующего лабораторией селекции зерновых крупяных культур, ведущего научного сотрудника Сидоренко Владимира Сергеевича.

Научно-исследовательские и производственные планы Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур направлены на дальнейшее укрепление лидирующих позиций в области селекции, семеноводства, технологии возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур и многолетних трав.

#### **Литература**

1. Зотиков В.И., Задорин А.М., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Стратегия производства зернобобовых и крупяных культур на основе селекции, семеноводства и ресурсосберегающих технологий. (Результаты выполнения межведомственного координационного плана фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению АПК РФ за 2016-2017 гг.) // Орёл ФГБНУ ЗБК. – 2018. – 90 с.
2. Зотиков В.И., Зеленов А.А., Полухин А.А., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. День поля: прошлое и настоящее. Орёл. – ООО ПФ «Картуш». – 2020 – 40 с.
3. 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.
4. Полухин А.А., Зотиков В.И., Панарина В.И., Грядунова Н.В., Стефанина С.А. Международное сотрудничество Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. –№3 (51). – С.114-127; DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-114-126.
5. Зотиков В.И., Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г., Стефанина С.А. О новом статусе журнала «Зернобобовые и крупяные культуры». // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 2 (50). – С.5-10; DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-5-10.
6. Грядунова Н.В. О деятельности журнала «Зернобобовые и крупяные культуры» // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4 (20). – С.4-6.

#### **References**

1. Zotikov V.I., Zadorin A.M., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Strategy of legumes and groat crops production on the basis of breeding, seed production and resource-saving technologies. (Results of implementation of the interdepartmental coordination plan of fundamental and priority applied research on scientific support of the agro-industrial complex of the Russian Federation for 2016-2017). Orel, FGBNU ZBK Publ., 2018, 90 p. (In Russ.)
2. Zotikov V.I., Zelenov A.A., Polukhin A.A., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. Field Day: past and present. Orel. OOO PF «Kartush» Publ., 2020, 40 p. (In Russ.)
3. Zotikov V.I., Gryadunova N.V. Scientific and technological development of crop production based on the interaction of science, technology and production. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024, no.3(51), pp.5-11. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-5-11. (In Russ.)
4. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Panarina V.I., Gryadunova N.V., Stefanina S.A. International cooperation of the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024, no.3 (51), pp.114-127; DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-114-126. (In Russ.)
5. Zotikov V.I., Gryadunova N.V., Khmyzova N.G., Stefanina S.A. On the new status of the journal «Legumes and groat crops». *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024, no.2(50), pp.5-10; DOI:10.24412/2309-348X-2024-2-5-10. (In Russ.)
6. Gryadunova N.V. About activities of journal «Legumes and Groat Crops». *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no. 4(20), pp.4-6. (In Russ.)