

**ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 2 (46), 2023 г.**

Журнал СМИ основан в 2012 году.

Периодичность издания – 4 номера в год.

**ISBN 9 785905 402036**

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

Главный редактор

**Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН**

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

**Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

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

**Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН**

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

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

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

**Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук**

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

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

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

**Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН**

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

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

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

**Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН**

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

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

**Ушачев Иван Григорьевич, академик РАН**

**Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай**

**Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук**

**Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН**

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

Научный редактор, корректор

**Грядунова Н.В.**

Технический редактор

**Хмызова Н.Г.**

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

Фотоматериал **Черненький В.А.**

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

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

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

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

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

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

Дата выхода в свет: 21.06.2023 г.  
Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.  
Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»  
Цена свободная.

**ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 2 (46), 2023**

Scientific journal founded in 2012 year.  
Frequency of publication 4 issues per year.

**ISBN 9 785905 402036**

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

Editor-in-Chief: **Zotikov, Vladimir I.** – *Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*  
Deputy Editor-in-Chief: **Sidorenko, Vladimir S.** – *Deputy Director for breeding work, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*  
Assistant Editor: **Gryadunova, Nadezhda V.** – *Leading Researcher Lab. NTI, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Biol.)*

**EDITORIAL TEAM**

**Amelin, Aleksandr V.** – *Collective Use Center «Plant Genetic Resources and Their Use» – N.V. Parakhin GAU, Orel; Dr. Sci. (Agric.)*  
**Batalova, Galina A.** – *FSBSI Rudnitsky FANTs Severo-Vostoka, Deputy Director, Member, Russian Academy of Sciences.*  
**Bobkov, Sergei V.** – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, Cand. Sci. (Agric.)*  
**Budarina, Galina A.** – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Agricultural Technology and Plant Protection, Cand. Sci. (Agric.)*  
**Vasin, Vasily G.** – *Samara State Agrarian University, Head. Department of Crop Production and Agriculture, Dr. Sci. (Agric.)*  
**Vishnyakova, Margarita A.** – *FSBSI N.I. Vavilov FITS VIGR, Head of Department, Dr. Sci. (Biol.)*  
**Voziyan, Valeriy I.** – *NIIPK «Selection» Rep. of Moldova, Dr. Sci. (Agric.)*  
**Golovina, Ekaterina V.** – *FSBSI FSC LGC, Dr. Sci. (Agric.)*  
**Zadorin, Aleksandr M.** – *FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*  
**Kosolapov, Vladimir M.** – *FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Academician, Russian Academy of Sciences.*  
**Panarina, Veronika I.,** *FSBSI FSC LGC, Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Agric.)*  
**Polukhin, Andrei A.** – *FSBSI FSC LGC, Director, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Russian Academy of Sciences*  
**Privalov, Fedor I.** – *Dr. Sci. (Agric.), Corresponding Member, National Academy of Sciences of Belarus, Professor*  
**Pryanishnikov, Alexander I.** – *JSC «Schelkovo-Agrochem», Head of the Department of Selection and Seed Production of Agricultural Crops, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*  
**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.*  
**Yagovenko, German L.** – *All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Dr. Sci. (Agric.)*  
Scientific editor: **Gryadunova, Nadezhda V.**  
Layout, design: **Khmyzova, Natal'ya G.**  
English translation: **Stefanina, Svetlana A.**  
Photo: **Chernen'kii, Vitalii A.**

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

**Media registry record**  
**ПН №ФЦ77-77939**  
**dated 19.02 2020**

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

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

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

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

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

Date of publication: 21.06.2023  
Format A4.  
Font Times New Roman.  
Circulation 300 copies.  
Printed at FSBSI «FSC LGC»  
Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В.</b> Развитие инновационных технологий в растениеводстве на основе селекционных достижений.....	5
<b>Шакирзянова М.С., Шагаев Н.А.</b> Результаты селекции гороха посевного в Ульяновском НИИСХ .....	10
<b>Лихачева Л.И., Москалев А.В.</b> Изучение параметров адаптивности различных морфотипов гороха в условиях Среднего Урала .....	19
<b>Соболева Г.В., Соболев А.Н., Зеленов А.А.</b> Анализ относительной засухоустойчивости образцов гороха морфотипа хамелеон в культуре <i>in vitro</i> .....	28
<b>Кижяева В.Е., Пешкова В.О., Бреднев Д.Ю.</b> Продуктивность и адаптивность зернобобовой культуры сои в агроклиматических условиях аридной зоны Поволжья на мелкоконтурных участках капельного орошения .....	35
<b>Кипшакбаева Г.А., Гончаров С.В., Тлеулина З.Т.</b> Перспективные направления селекции сои в условиях Северного Казахстана .....	46
<b>Ибрагимова З.Ш.</b> Влияние засухи на водный режим в листьях образцов сои .....	59
<b>Орехова С.М.</b> Влияние магнитного поля различных конфигураций на всхожесть семян чечевицы .....	66
<b>Глазова З.И.</b> Агроэкономическая эффективность применения микро – и органоминеральных удобрений при выращивании гречихи .....	74
<b>Малявко Г.П., Смольский Е.В., Шаповалов В.Ф.</b> Потенциал продуктивности гречихи в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв .....	83
<b>Лукашевич М.И., Селиванова М.Е., Свириденко Т.В.</b> Актуальные направления изучения генофонда люпина белого ( <i>Lupinus albus L.</i> ) .....	89
<b>Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунов В.Д., Тулинова Е.А., Никиточкин Д.Н., Беляев Е.В.</b> Люпинозлаковые смеси на зерно в Центральном Нечерноземье: погода, элементы агротехнологии, продуктивность .....	96
<b>Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Яндубайкин Е.Е.</b> Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна .....	107
<b>Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Бекетова Г.А., Андреева Л.В.</b> Аспекты качества зерна яровой мягкой пшеницы .....	117
<b>Медведев А.М.</b> Особенности формирования признаков продуктивности и качества зерна озимых тритикале республики Беларусь .....	125
<b>Ляшков И.В., Бирюков К.Н., Крохмаль А.В., Бирюкова О.В.</b> Применение некорневых подкормок на яровой тритикале в условиях северо-западной зоны Ростовской области .....	134
<b>Ерохин А.И.</b> Продуктивность ярового рапса при обработке семян и растений гуминовыми препаратами .....	141
<b>Ершова Л.А., Голова Т.Г.</b> Оценка нового сорта ярового ячменя Икорец по экологической устойчивости, продуктивности и качеству зерна .....	148
<b>Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П., Шабалкин А.В., Драчёва М.К.</b> Агроэкономическая оценка различных систем основной обработки почвы в севооборотах северо-восточной зоны ЦЧР .....	156

<b>Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V.</b> Development of innovative technologies in crop production based on breeding achievements .....	5
<b>Shakirzyanova M.S., Shagaev N.A.</b> Results of common pea breeding at the Ulyanovsk Research Institute of Agriculture .....	10
<b>Likhacheva L.I., Moskalev A.V.</b> Study of the adaptability parameters of various morphotypes of peas in the conditions of the Middle Urals .....	19
<b>Soboleva G.V., Sobolev A.N., Zelenov A.A.</b> Analysis of the relative drought tolerance of pea samples of the chameleon morphotype in <i>in vitro</i> culture .....	28
<b>Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., Brednev D.Yu.</b> Productivity and adaptability of soybean leguminous crop in agriclimatic conditions of the arid zone of the Volga region in small contour areas of drip irrigation .....	35
<b>Kipshakbayeva G.A., Goncharov S.V., Tleulina Z.T.</b> Promising directions of soybean breeding in the conditions of Northern Kazakhstan .....	46
<b>Ibrahimova Z.Sh.</b> The effect of drought on the water regime in the leaves of soybean samples .....	59
<b>Orekhova S.M.</b> Effect of magnetic fields of different configurations on lentil seed germination .....	66
<b>Glazova Z.I.</b> Agroeconomic efficiency of using micro-and organomineral fertilizers in the cultivation of buckwheat .....	74
<b>Malyavko G.P., Smolsky E.V., Shapovalov V.F.</b> Buckwheat productivity potential depending on mineral fertilizer in sod-podzolic soils .....	83
<b>Lukashevitch M.I., Selivanova M.E., Sviridenko T.V.</b> Current trends of research of white lupin ( <i>Lupinus albus L.</i> ) genebank .....	89
<b>Kononchuk V.V., Tymoshenko C.M., Nazarov T.O., Shtyrkhunov V.D., Tulinova E.A., Nikitochkin D.N., Belyaev E.V.</b> Lupine grain mixtures in the Central Non-Black Earth Region: weather, agrotechnology elements, productivity .....	96
<b>Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Yandubaykin E.E.</b> Cluster analysis of varieties and breeding lines of spring soft wheat by indicators of structural analysis and grain quality .....	107
<b>Kulevatova T.B., Zlobina L.N., Beketova G.A., Andreeva L.V.</b> Aspects of grain quality of spring soft wheat .....	117
<b>Medvedev A.M.</b> Features of formation of signs of productivity and quality of winter triticale grain of the republic Belarus .....	125
<b>Lyashkov I.V., Biryukov K.N., Krokmal A.V., Biryukova O.V.</b> Application of foliar top dressing on spring triticale in the conditions of the north-western zone of the Rostov region .....	134
<b>Erokhin A.I.</b> Productivity of spring rape when treating seeds and plants with humic preparations .....	141
<b>Ershova L.A., Golova T.G.</b> Evaluation of a new spring barley variety Ikorets on environmental sustainability, productivity and grain quality .....	148
<b>Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P., Shabalkin A.V., Dracheva M.K.</b> Agroeconomic assessment of various systems of basic tillage in crop rotations of the north-eastern zone of the Central Chernozem region .....	156

## РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ НА ОСНОВЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

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

**А.А. ПОЛУХИН**, доктор экономических наук, профессор РАН,

ORCID ID: 0000-0002-6652-1031, E-mail: dirzbc@yandex.ru

**Н.В. ГРЯДУНОВА**, кандидат биологических наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР», ОРЕЛ

*В статье кратко отражены основные результаты деятельности Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур и его филиала – Шатиловской СХОС.*

**Ключевые слова:** селекционные достижения, зернобобовые культуры, конкурентоспособность, экологическое сортоиспытание, День поля.

**Для цитирования:** Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В. Развитие инновационных технологий в растениеводстве на основе селекционных достижений *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):5-9. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-5-9

## DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CROP PRODUCTION BASED ON BREEDING ACHIEVEMENTS

**V.I. Zotikov, A.A. Polukhin, N.V. Gryadunova**

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

**Abstract:** *The article briefly reflects the main results of the activities of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops and its branch - Shatilovskaya Agricultural Experimental Farm.*

**Keywords:** breeding achievements, leguminous crops, competitiveness, ecological variety testing, Field Day.

В современных условиях деятельность агропромышленного комплекса и его стабилизация не возможны без широкомасштабного использования достижений науки. В связи с этим стратегическим направлением аграрной политики в России становится развитие инновационных процессов, позволяющих за счёт научно-обоснованного технологического обновления производства добиться значительного повышения его эффективности. В решении проблем увеличения производства продукции растениеводства центральное место занимает создание и использование новых сортов и гибридов растений как важнейшей составной части развития инновационных технологий в растениеводстве. Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства, необходимый уровень продовольственной безопасности страны, предъявляют новые требования к научному обеспечению создания селекционных достижений полевых культур, совершенствованию технологий их возделывания и семеноводства. В этом плане научные исследования направлены не только на повышение эффективности растениеводства, но и сведения на нет зависимости России от импорта сельскохозяйственного сырья, поэтому большое внимание уделяется совершенствованию методов оценки и создания исходного материала, выведению новых сортов, сочетающих экологическую пластичность, высокую урожайность и качество продукции, технологичность возделывания и переработки. Повышение

конкурентоспособности российских селекционных достижений на мировом рынке позволит ограничить использование сортов зарубежной селекции, не лишенных ГМО.

**Зернобобовые и крупяные культуры являются важной и специфической составной частью структуры посевных площадей во всем зерновом комплексе России.** Решая проблему обеспечения населения высококачественными пищевыми продуктами, а животноводство кормами, они обеспечивают высокий уровень диверсификации, способствуют сохранению плодородия почвы, снижению объемов применения минеральных азотных удобрений, получению экологически чистой продукции. Все это делает их востребованными при всех формах собственности и одинаково необходимыми в любых природно-климатических условиях [1, 2, 3].

Научные исследования Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур на долгосрочную перспективу направлены на: проведение фундаментальных теоретических изысканий в области биотехнологии, физиологии и биохимии растений; создание новых сортов; изучение и пополнение генофонда растительных ресурсов, включающий доноры и генетические источники важнейших хозяйственно ценных признаков и свойств; новейшие разработки по семеноводству и технологии возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур и многолетних трав.

За период становления и развития Центра (67 лет) коллективу учёных и специалистов удалось добиться значительных результатов: создано более 250 новых сортов 22 полевых культур, из них в различные годы допущены к использованию в производстве России, Беларуси, Казахстана, других стран свыше 150 новых сортов. Широкий спектр регионов возделывания свидетельствует о высоком уровне их адаптации к различным почвенно-климатическим зонам. Новизна, приоритетность и хозяйственная ценность созданных селекционных достижений подтверждена авторскими свидетельствами и патентами. Активные творческие связи и научно-техническое сотрудничество с учреждениями России и других стран способствует созданию высококачественной конкурентоспособной научной продукции [4].

Наиболее значимые результаты достигнуты в селекции гороха различного направления использования: на продовольственные цели, кормового назначения, для технических целей. Создана серия уникальных сортов, не имеющих мировых аналогов, сочетающих высокую урожайность (5-6 т/га) с устойчивостью к полеганию, болезням и вредителям, неосыпаемостью семян, детерминантным типом роста, повышенным содержанием белка – Фараон, Спартак, Амиор, Родник, Софья, Ягуар, Эстафета и другие.

Центр является автором раннеспелых сортов сои северного экотипа: Свапа, Красивая меча, Зуша, Мезенка, Осмонь, Шатиловская 17. Их внедрение в производство позволило существенно расширить границу возделывания сои в стране. В рамках национального проекта «Наука и университеты» Приказом Минобрнауки РФ в 2021 году на базе ФНЦ ЗБК создан селекционно-семеноводческий центр сои.

Большим вкладом в решение проблемы растительного белка является создание и внедрение в производство новых сортов фасоли, вики посевной яровой, чечевицы, кормовых бобов, чины. Наибольшее распространение получили скороспелые, высокопродуктивные, устойчивые к избыточному увлажнению сорта вики посевной яровой Никольская, Виора, Юбилейная 110, Ассорти, Кшень, Ливенка, Обельна, Ксения; детерминантные, высокоурожайные, технологичные сорта фасоли Нерусса, Рубин, Шоколадница, Гелиада, Стрела, Маркиза, Хабаровская, Купава. В последние годы достигнуты определённые успехи в селекции зерновых культур – озимой и яровой пшеницы, ярового и озимого ячменя, ярового овса.

ФНЦ ЗБК занимает лидирующие позиции в России по селекции ценной продовольственной крупяной культуры – гречихи. Выполнены основополагающие исследования по биологии и физиологии, разработке научных основ использования в селекции межвидовой и внутривидовой гибридизации, комплексного использования мутаций, позволившие создать серию сортов нового поколения – ограниченно ветвящиеся,

детерминантные, зеленоцветковые. Широко освоены в производстве высокоурожайные, устойчивые к осыпанию плодов сорта гречихи Дикуль, Девятка, Деметра, Диалог, Дружина, Темп, Даша. За разработку теоретических основ селекции и создание скороспелых высокоурожайных сортов гречихи учёные Центра Н.В. Фесенко, Г.Е. Мартыненко и представители Татарского НИИСХ Н.Н. Петелина и Ф.З. Кадырова удостоены в 1994 году Государственной премии РФ в области науки и техники.

В Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве, внесены новые сорта проса посевного: Привольное, Регент, Альба, Казачье, Атлет, а также просо африканское Согур и Гурсо, пайза Гулливерия, могар Атлант и чумиза Оля [5].

Особое внимание в исследовательской работе уделяется биологической интенсификации полеводства за счет насыщения севооборотов зернобобовыми культурами. Для различных регионов страны в соавторстве с другими научными учреждениями разработаны и изданы экологически и экономически оправданные технологии возделывания гороха, фасоли, нута, чечевицы, вики посевной, люпина, кормовых бобов, сои, гречихи, проса, высокоэффективные системы удобрения, биологические и химические методы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, научные основы системы семеноводства. Ежегодно Центром совместно с филиалами производится 5-7 тысяч тонн оригинальных и элитных семян сельскохозяйственных культур. Обеспечивая научное сопровождение эффективного внедрения в производство инновационных разработок, Центр активно сотрудничает с Департаментом сельского хозяйства администрации Орловской области, различными производственными структурами в системе АПК. С целью более широкой пропаганды научных достижений и обмена опытом Центр организует и проводит Всероссийские, Международные конференции, совещания, съезды, симпозиумы, научно-методический семинар День поля на базе Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции.

А теперь вернёмся к продолжению **ШАТИЛОВСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.**

Сегодня Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции 127 лет! Общеизвестен ее вклад в сельскохозяйственную науку и практику, особенно в области земледелия, агрономического почвоведения, селекции и семеноводства, методики опытного дела.

Шатиловская опытная станция, названная в честь отца – Иосифа Николаевича Шатилова, стала всемирно известной благодаря значительным научным достижениям выдающихся ученых, которые открыли большую эпоху химизации земледелия и повышения плодородия почв, нашли пути к разработке и обоснованию основных положений агрономии – селекции и семеноводства в условиях северо-черноземной зоны. **Научное наследие станции – это основательные разработки по технологиям возделывания различных сельскохозяйственных культур, многочисленные сорта, созданные на станции, которые с полным правом и основанием работали, а некоторые из них и сегодня работают на повышение эффективности сельскохозяйственного производства.**

Шатиловская СХОС организована в 1896 году в числе первых четырёх государственных сельскохозяйственных опытных станций на базе образцового имения просвещённых помещиков Шатиловых в с. Моховое Новосильского уезда Тульской губернии (в 1925 г. эта территория вошла в состав Орловской области). Именно в поместье Шатиловых применялись и разрабатывались передовые приёмы земледелия, здесь зародилось почвозащитное лесоразведение. Своё официальное название станция получила при её основании в честь Иосифа Николаевича Шатилова – крупного сельскохозяйственного и общественного деятеля, президента Московского общества сельского хозяйства. Исторический научный вклад Шатиловской станции связан с именами выдающихся учёных В.В. Винера, А.Н. Лебедянцева, П.И. Лисицына и других учёных. Каждый из них оставил неизгладимый след в становлении, развитии научной деятельности, материально-технической базы, социальной инфраструктуры станции [6].

В 2021 году Шатиловская СХОС отметила юбилейную дату – 125-и -летие со дня образования и столетие Декрета «О семеноводстве», который был разработан именно на станции П.И. Лисицыным.

Мировую известность Шатиловская опытная станция приобрела в результате значительных достижений в селекции растений, разработке и осуществлении классических работ по организации государственной системы семеноводства в России. За годы деятельности станции были созданы более 70 сортов различных сельскохозяйственных культур – озимой ржи, озимой пшеницы, овса, гороха, вики посевной, сои, гречихи, проса, льна, клевера лугового, люцерны. Проводилась селекция и по ячменю, сахарной свекле, картофелю, подсолнечнику, горчице, фацелии, кориандру, чумизе. Многие из этих сортов долгое время не имели конкурентов. Так, рожь Лисицына сохранялась в районировании 43 года, гречиха Богатырь, районированная с 1938 и клевер Среднерусский с 1931 г. внесены в Государственный реестр РФ до настоящего времени. Создавая новые сорта, Петр Иванович Лисицын понимал, что это лишь полдела, необходимо было организовать размножение семян и их внедрение в производство. Научные разработки, изобретения и открытия многих учёных, работающих в различные годы на станции, вошли в золотой фонд мировой науки и признаны не только отечественной, но и европейской научной общественностью. Самой ценной характеристикой Шатиловки всегда были преемственность, сохранение и продолжение традиций, постоянный поиск и решение основных проблем.

Классические работы по организации государственной системы семеноводства для обширной природно-экономической зоны, обеспечивающие сохранение сортовой чистоты и типичности сорта, глубокие знания теории и практики, необходимые расчеты и схемы семеноводства позволили П. И. Лисицыну разработать проект системы семеноводства и в 1921 году Совнаркомом был подписан «Декрет о семеноводстве», а в 1922 году постановлением Совета Труда и Оборона была образована Шатиловская Госсемкультура, которая сыграла большую роль в деле развития семеноводства в стране и обеспечения перехода сельского хозяйства на посевы сортовыми семенами.

Несмотря на почтенный возраст, пройденный трудный путь становления, развития и восстановления, опытная станция и сегодня приносит немалую пользу науке и производству. Площадь сельхозугодий 3506 га, в том числе пашни – 3037 гектаров, из них в научных подразделениях 600 га, посевная площадь зерновых культур – 1,5 тыс. га.

Основной задачей станции является продолжение традиционных направлений научных исследований – это селекция и семеноводство полевых культур, совершенствование систем обработки почвы, удобрения и севооборотов. Вот уже более четверти века станция является полигоном испытаний научных достижений селекционеров, организует и проводит экологическое испытание различных полевых культур.

С этой целью с 1998 года на базе Шатиловской опытной станции Российской академией наук, ФНЦ зернобобовых и крупяных культур при поддержке Администрации Орловской области проводится научно-методический семинар День поля и с 2007 – ярмарка сортов и гибридов полевых культур, с приглашением широкого круга учёных и специалистов, демонстрацией новейшей сельскохозяйственной техники, средств защиты растений от вредителей и болезней [7]. В последние годы на станции высевается свыше 300 сортов и гибридов 25 полевых культур из различных учреждений России, Беларуси и других зарубежных стран.

Большую роль в организации, налаживании всего комплекса работ по воплощению в жизнь самой идеи широкого экологического сортоиспытания академика А.А. Жученко, сыграли академики РАН Г.А. Романенко, Е.С. Строев, Н.В. Парахин, И.В. Савченко, Ю.Ф. Лачуга, В.М. Косолапов, Б.И. Сандухадзе, член-корреспонденты РАН А.Д. Задорин, В.И. Зотиков, А.М. Медведев и многие другие.

Программы Дня поля на Шатиловской СХОС включают рассмотрение самых актуальных вопросов: решение проблем селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в условиях рыночной экономики; научное обеспечение семеноводства



сельскохозяйственных культур; роль генетических ресурсов и селекционных достижений в обеспечении динамичного развития сельскохозяйственного производства; повышение эффективности сельскохозяйственной науки; стратегия адаптивного ресурсо- и энергосберегающего растениеводства а XXI веке; роль научного наследия Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции в становлении и развитии аграрной науки в России, посвящённой 120 -и летию основания Шатиловской СХОС; векторы развития селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур как основа продовольственного суверенитета страны и другим проблемам [8].

Как научно-методический семинар День поля проходил и в рамках Первого съезда селекционеров России (2001 г.), и в рамках выездного заседания Президиум РАСХН (2002, 2009, 2013 гг.) и 11- го Международного симпозиума по гречихе (2010 г.). С 2016 года День поля проводится в рамках Аграрной недели Орловской области. Значительно расширился круг участников Дня поля – от представителей Минобрнауки РФ, МСХ РФ, Российской академии наук, руководителей и специалистов научных учреждений, предприятий аграрного комплекса до различных коммерческих структур, агрохолдингов и фермерских хозяйств.

#### Литература

1. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – №2 (26). – С.6-13. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11198.
2. Полухин А.А., Панарина В.И. Основные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и пути их решения. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3 (35). – С.5-12. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11179.
3. Зеленев А.Н. Стратегия и тактика современной селекции гороха. Селекция, семеноводство и генетика. – 2015. – № 1. – С.32-35.
4. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Каталог сорта. Орёл: изд-во «Картуш». – 2022. – 204 с. Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.В. и др. (всего 14 авторов).
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений М. ФГБНУ «Росинформагротех». – 2020. – 628 с.
6. Зарьянова З.А. Шатиловская сельскохозяйственная опытная станция в лицах и публикациях. 2-е издание, переработанное и дополненное- ОАО Типография «Труд». – 2013. – 592 с.
7. Зотиков В.И., Зеленев А.А., Полухин А.А., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. День поля: прошлое и настоящее.– Орёл: изд-во ПФ «Картуш». – 2020. – 40 с.
8. Зотиков В.И., Мазалов В.И., Сидоренко В.С., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Экологическое испытание сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на Шатиловской СХОС (книга). Орёл. ВНИИЗБК. – 2017. – 87 с.

#### References

1. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Development of production of leguminous crops in the Russian Federation. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no.2 (26), pp.6-13. DOI:10.24411/2309-348Kh-2020-11198. (In Russian)
2. Polukhin A.A., Panarina V.I. The main problems of breeding and seed production of agricultural crops and ways to solve them. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020, no.3 (35), pp.5-12. DOI:10.24411/2309-348Kh-2020-11179. (In Russian)
3. Zelenov A.N. Strategy and tactics of modern pea breeding. *Selektsiya, semenovodstvo i genetika*. 2015, no.1, pp.32-35. (In Russian)
4. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog. Orel, OOO PF «Kartush» Publ., 2022, 204 p. (In Russian)
5. State register of selection achievements approved for use. Volume 1. Plant varieties. M. FGBNU «Rosinformagrotekh». 2020, 628 p. (In Russian)
6. Zar'yanova Z.A. Shatilovskaya agricultural experimental station in faces and publications. 2nd edition, revised and enlarged. ОАО Типография «Труд» Publ. 2013, 592 p. (In Russian)
7. 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 Russian)
8. Zotikov V.I., Mazalov V.I., Sidorenko V.S., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. Ecological testing of crop varieties and hybrids at Shatilovskaya Agricultural Experimental Farm (book). Orel. VNIIZBK. 2017, 87 p. (In Russian)

## РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УЛЬЯНОВСКОМ НИИСХ

**М.С. ШАКИРЗЯНОВА**, старший научный сотрудник  
**Н.А. ШАГАЕВ**, научный сотрудник

УЛЬЯНОВСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ САМАРСКОГО ФИЦ РАН  
E-mail: uniish73@mail.ru

*В настоящей работе приведены результаты по созданию сортов гороха, обладающих и наиболее полно реализующих свой высокий продукционный потенциал. Дана биологическая и хозяйственно ценная характеристика, результаты государственного сортоиспытания сортов Синбир, Тус, Ульяновский юбилейный, Виридис,*

*Синбир включен в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному, Средневолжскому регионам; сорт Тус – по Центральному, Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному, Средневолжскому; Ульяновский юбилейный – по Центральному и Уральскому; Виридис – по Уральскому регионам РФ.*

*Максимальная урожайность сортов гороха Синбир и Тус была достигнута на Липецкой ГСИС – 6,2 т/га и 5,57 т/га соответственно.*

**Ключевые слова:** сорт, урожайность, морфотип, конкурсное сортоиспытание, государственное сортоиспытание.

**Для цитирования:** Шакирзянова М.С., Шагаев Н.А. Результаты селекции гороха посевного в Ульяновском НИИСХ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):10-18. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-10-18

## RESULTS OF COMMON PEA BREEDING AT THE ULYANOVSK RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

**M.S. Shakirzyanova, N.A. Shagaev**

ULYANOVSK RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE –  
BRANCH SAMARA SCIENTIFIC CENTER RAS

**Abstract:** *This paper presents the results on the creation of pea varieties that have and most fully realize their production potential. A biological and economically valuable characteristic is given, the results of the state variety testing of varieties Sinbir, Tus, Ulyanovsk Yubileiny, Viridis.*

*Sinbir is included in the State Register of Breeding Achievements for the Volga-Vyatka, Central Black Earth, Middle Volga regions; variety Tus – in the Central, Volga-Vyatka, Central Black Earth, Middle Volga; Ulyanovsk yubileiny – in the Central and Ural; Viridis - in the Ural regions of the Russian Federation.*

*The maximum yield of pea varieties Sinbir and Tus was achieved at the Lipetsk State Variety Testing Station – 6.2 t/ha and 5.57 t/ha, respectively.*

**Keywords:** variety, yield, morphotype, competitive variety testing, state variety testing.

Зернобобовые культуры являются важной и специфической составной частью структуры посевных площадей во всем зерновом комплексе России. Решая проблему обеспечения населения высококачественными пищевыми продуктами, а животноводство

кормами, они обеспечивают высокий уровень диверсификации, способствуют сохранению плодородия почвы, получению экологически чистой продукции. Все это делает их востребованными при всех формах собственности и одинаково необходимыми в любых природно-климатических условиях [1, 2, 3].

Горох является одним из самых известных, распространенных, полезных и питательных представителей семейства зернобобовые. Данная культура обладает самым богатым источником растительного белка, отличающийся многочисленными вкусовыми и полезными свойствами. При благоприятных условиях возделывания зернобобовые культуры формируют белок без затрат дефицитных и дорогостоящих минеральных азотных удобрений [4, 5]. Культура играет важную роль как один из лучших предшественников под различные культуры в севообороте, так как хорошо усваивает азот из атмосферного воздуха. Его корневая система использует труднорастворимые и малодоступные для злаков минеральные соединения не только из пахотного слоя, но и из более глубоких слоев. Горох в качестве предшественника способствует повышению эффективности использования органических удобрений последующими культурами, особенно зерновыми, техническими [6].

В настоящее время за рубежом и в России имеются экспериментальные разработки по расширению использования зерна гороха. Разработана технология получения продуктов переработки зерна гороха – белково-углеводного полуфабриката в качестве добавки в колбасные, кондитерские изделия [7].

Для повышения урожайности гороха недостаточно используется такой резерв, как посев сортовыми семенами. Очень мало уделяется внимания размножению сортовых семян, в результате чего половина посевной площади гороха до сих пор засеивается рядовыми семенами, что приводит к большому недобору урожая. Данное обстоятельство так же не способствует росту популярности культуры среди сельхозпроизводителей. Помимо низких закупочных цен на товарную продукцию гороха, недостаточное развитие отрасли семеноводства, способной обеспечить отрасль качественными сортовыми семенами негативно сказывается на динамике посевных площадей в регионе под этой культурой. Таким образом, возделывание гороха сопряжено с определёнными трудностями, которые способны снизить привлекательность культуры в глазах сельхозтоваропроизводителей.

В последнее время селекция гороха направлена на повышение реальной продуктивности за счет совершенствования морфотипа растений. Одной из причин стремительного прогресса селекции гороха, явилась кардинальная перестройка архитектоники листового аппарата. У современных сортов видоизменен в целом габитус и архитектоника, созданы сорта с потенциалом урожайности 5-6 тонн с гектара [8, 9].

Выведение всё более совершенных сортов влечёт за собой появление новых направлений селекции, основными среди которых продолжают на сегодняшний день оставаться продуктивность растений, технологичность – неполегаемость и неосыпаемость, качество продукции, устойчивость к абиотическим стрессовым факторам окружающей среды в течение вегетационного периода и устойчивость к действию вредных объектов: вредителей и болезней растений. Планирование направлений селекции должно быть подкреплено наличием исходного материала, выделенного в результате изучения мирового генофонда гороха.

За последние годы учеными Ульяновского научно исследовательского института сельского хозяйства были созданы сорта гороха, сочетающие комплекс хозяйственно ценных характеристик и свойств, а также высокий потенциал продуктивности (табл. 1).

**Сорта гороха посевного созданные в Ульяновском НИИСХ  
и переданные на ГСИ с 2008 по 2022 гг.**

п/п	Сорт	Год передачи нового сорта на ГСИ	Регионы допуска	Год включения в реестр	Отличительные признаки
1	Ульяновец	2008	3,4,6,7	2011	Неосыпающиеся семена, листочковый морфотип
2	Указ	2008	4,6,7	2011	Усатый тип листа, ценный по качеству
3	Юбиляр	2014	3,4,7	2017	Усатый тип листа, неосыпающиеся семена
4	Шеврон	2016	4	2019	Усатый тип листа, ценный по качеству
5	Кулон	2016	4,5,7,9	2019	Усатый тип листа
6	Синбир	2018	4,5,7	2021	Усатый тип листа, неосыпающиеся семена
7	Тус	2018	3,4,5,7	2021	Усатый тип листа, семена с черным рубчиком
8	Ульяновский юбилейный	2020	3,9	2023	Усатый тип листа, неосыпающиеся семена
9	Виридис	2020	9	2023	Усатый тип листа, зеленая окраска семян
10	Абазур	2022	-	-	Усатый лист, неосыпающиеся семена
11	Карандаш	2022	-	-	Усатый тип листа

**Цель исследований** – создание сортов гороха посевного, обладающих комплексом ценных признаков, с высоким потенциалом продуктивности и показателями качества семян, устойчивых к влиянию биотических и абиотических стрессов.

**Материалы и методика исследований**

За период с 2008 года селекционерами Ульяновского НИИСХ было создано 11 сортов гороха, 9 из них включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 2023 год [10]. Среди новых селекционных достижений есть сорта с неосыпающимися семенами, усатым типом листа, детерминантным ростом стебля, зеленой окраской семян, различного направления использования.

Исследования проводили в питомнике конкурсного сортоиспытания. Предшествующей культурой была пшеница мягкая яровая. Почва опытного поля – чернозём выщелоченный, с содержанием гумуса 5,65%.

Посев гороха выполняли сеялкой СН-10Ц в четырехкратной повторности на делянках площадью 25 м<sup>2</sup>. Расчетная норма высева составляла 130 шт. всхожих семян на 1 м<sup>2</sup>. Организация полевых опытов, проведение оценки образцов, учетов и наблюдений выполняли по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971) и в соответствии с Методикой ВИР (1975). В качестве стандарта использовали районированный сорт Указ. Содержание белка в зерне гороха определяли по Кьельдалю [11], разваримость – по методу А.В. Соснина [12]. Данные обрабатывали с помощью компьютерной программы «AGROS».

Погодно-климатические условия за годы исследований были контрастными по температурному режиму и влагообеспеченности почвы и отражали особенности региона

лесостепи Поволжья. Основными критериями в оценке испытуемых образцов являлись: урожайность, устойчивость к полеганию, болезням, неблагоприятным факторам среды, качество зерна. Учет урожайности зерна проводили методом сплошного обмолота комбайном SAMPO 130. Зерно приводили к 14% влажности и 100% физической чистоте по общепринятым методикам.

### Результаты и обсуждения

**Сорт гороха Синбир** – безлисточковый, неосыпающийся. Число узлов до первого фертильного узла включительно среднее. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости низкая. Максимальное число цветков на узел – два. Бобы прямые или с очень слабым изгибом, с тупой верхушкой. Семена округлые. Семядоли жёлтые. Рубчик закрыт остатком семяножки. Среднеспелый, вегетационный период – 59-93 дня. Высота растений – 42-84 см. Засухоустойчивость повышенная. Устойчивость к полеганию и осыпанию высокая. Масса 1000 семян – 175-250 г. Содержание белка в зерне до 27%.

За годы конкурсного сортоиспытания горох Синбир превзошел по урожайности стандартный сорт Указ на 0,17 т/га (табл. 2).

Таблица 2

**Основные параметры сорта Синбир в сравнении со стандартом**

Хозяйственные и биологические свойства										
Показатели	Ед. измерения	Синбир				Указ				Отклонение от Указ
		2016	2017	2018	средн	2016	2017	2018	среднее	
Урожай зерна	т/га	2,46	2,39	1,52	2,12	2,32	2,22	1,31	1,95	+0,17
Отклонение от Указ	т/га	0,14	0,17	0,21	0,17					
НСР <sub>05</sub>	т/га	0,12	0,14	0,15	0,12					
Масса 1000 зерен	г	247	217	256	240	229	218	236	228	+12
Содержание протеина	%	21,3	17,5	20,8	19,9	22,9	17,5	19,6	20,0	-0,1
Разваримость	мин	102	88	92	94	74	92	86	84	+10
Вегетационный период	дней	77	79	73	76	78	79	74	77	-1
Высота	см	79,5	95,4	58,8	77,9	77,9	82,8	48,8	69,8	+8,1
Поражение плодояжкой	%	2,7	0,6	2,8	2,0	2,5	1,0	1,0	1,5	+0,5
Поражение зерновкой	%	0,8	0,0	0,5	0,4	1,4	0,0	1,7	1,0	-0,6

Средняя урожайность в годы государственного сортоиспытания в Волго-Вятском регионе составила – 2,66 т/га, на уровне стандартов; в Центрально-Чернозёмном – 2,51 т/га, в Средневолжском – 1,95 т/га, соответственно на 0,27 и 0,14 т/га выше среднего стандарта. В Нижегородской области и Пермском крае урожайность составила 3,79 и 2,48 т/га соответственно, на 0,34 т/га и 0,4 т/га выше стандартов Таловец 70 и Агроинтел. В Липецкой области при урожайности 4,5 т/га на 0,42 т/га превысил сорт Фокор. В Тамбовской области прибавка к стандарту Гамбит составила 1,09 т/га при урожайности 3,25 т/га. Урожайность в Ульяновской области – 1,9 т/га, на 0,34 т/га выше стандарта Указ. В Самарской области при урожайности 1,74 т/га превысил стандарт Самариус на 0,16 т/га. В Пензенской области урожайность – 1,56 т/га, на 0,26 т/га выше стандарта Фараон.

Максимальная урожайность за годы испытаний была получена в 2020 году на Липецкой ГСИС Липецкой области и составила 6,2 т/га.

**По результатам государственного сортоиспытания сорт Синбир с 2021 года внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому (4), Центрально-Черноземному (5) и Средневолжскому (7) регионам РФ. Рекомендован для возделывания в Нижегородской, Свердловской, Липецкой, Тамбовской, Пензенской, Самарской, Ульяновской областях и Пермском крае.**

**Сорт гороха Тус** – безлисточковый, число узлов до первого фертильного узла включительно среднее – большое. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости средняя. Максимальное число цветков на узел – два. Бобы прямые или с очень слабым изгибом, с тупой верхушкой. Семена округлые. Семядоли жёлтые. Рубчик чёрный. Среднеспелый, вегетационный период – 62-93 дня. Высота растений – 42-80 см. Засухоустойчивость повышенная. Устойчивость к полеганию и осыпанию высокая. Масса 1000 семян – 180-270 г. Содержание белка в зерне – 21,7-23,1%. За годы конкурсного сортоиспытания горох Тус превзошел по урожайности стандартный сорт Указ на 0,23 т/га (табл. 3).

Таблица 3

**Основные параметры сорта Тус в сравнении со стандартом**

Хозяйственные и биологические свойства										
Показатели	Ед. измерения	Тус				Указ				Отклонение от Указ
		2016	2017	2018	средн	2016	2017	2018	среднее	
Урожай зерна	т/га	2,54	2,65	1,49	2,23	2,32	2,35	1,34	2,0	+0,23
Отклонение от Указ	т/га	0,22	0,30	0,15	0,22					
НСР <sub>05</sub>	т/га	0,12	0,17	0,11						
Масса 1000 зерен	г	281	263	301	282	194	225	234	218	+64
Содержание протеина	%	21,0	20,2	23,6	21,6	22,4	20,3	20,6	21,1	+0,5
Разваримость	мин	82	77	77	79	93	83	87	88	-9
Вегетационный период	дней	76	76	73	75	76	80	74	77	-2
Высота	см	76,0	87,7	47,8	70,5	63,7	82,4	51,3	65,8	+4,7
Поражение плодояжкой	%	2,1	0,6	0,2	1,0	2,5	1,0	1,0	1,5	+0,5
Поражение зерновкой	%	0,8	0,0	1,5	0,8	1,4	0,0	1,7	1,0	-0,2

Средняя урожайность за годы государственного сортоиспытания составила в Центральном регионе – 2,21 т/га, Волго-Вятском регионе – 2,55 т/га, на уровне стандартов; в Центрально-Черноземном – 2,48 т/га, в Средневолжском – 1,94 т/га, соответственно на 0,24 и 0,13 т/га выше среднего стандарта. В Тульской области при урожайности 2,93 т/га на 0,34 т/га превысил стандарт Немчиновский 100. В Нижегородской области и Пермском крае урожайность составила 3,89 и 2,4 т/га соответственно, на 0,44 т/га и 0,32 т/га выше стандартов Таловец 70 и Агроинтел. В Курской области при урожайности 2,61 т/га на 0,43 т/га превысил сорт Рокет. В Тамбовской области прибавка к стандарту Гамбит составила

0,55 т/га при урожайности 2,71 т/га. Урожайность в Ульяновской области – 1,95 т/га, на 0,39 т/га выше стандарта Указ. В Пензенской области при урожайности 1,8 т/га на 0,5 т/га превысил стандарт Фараон. Максимальная урожайность была получена в 2020 году на Липецкой ГСИС Липецкой области и составила 5,57 т/га.

Также следует отметить, что с 2021 года сорт гороха посевного Тус внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ допущенных к использованию по Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Центрально-Чернозёмному (5) и Средневолжскому (7) регионам. Рекомендован для возделывания в Московской, Тульской, Нижегородской, Курской, Тамбовской, Пензенской, Ульяновской областях и Пермском крае.

**Сорт гороха Ульяновский юбилейный** – среднеспелый, вегетационный период – 65-78 дней. Безлисточковый. Число узлов до первого фертильного узла включительно среднее – большое. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости средняя. Максимальное число цветков на узел – два. Бобы прямые или с очень слабым изгибом, с тупой верхушкой. Семена округлые. Семядоли жёлтые. Рубчик закрыт остатком семяножки. Высота растений – 40-70 см. Засухоустойчивость повышенная. Устойчивость к полеганию и осыпанию высокая. Масса 1000 семян – 200-250 г. Содержание белка в зерне – 22-24%. Разваримость 70-90 мин. В течении трех лет конкурсного испытания сорт гороха Ульяновский Юбилейный превысил стандарт Указ на 0,16 т/га (табл. 4).

Таблица 4

**Основные параметры сорта Ульяновский юбилейный в сравнении со стандартом**

Хозяйственные и биологические свойства										
Показатели	Ед. измерения	Ульяновский юбилейный				Указ				Отклонение от Указ
		2018	2019	2020	средн	2018	2019	2020	среднее	
Урожай зерна	т/га	1,88	2,31	2,52	2,22	1,72	2,17	2,29	2,06	+0,16
Отклонение от Указ	т/га	+0,16	+0,14	+0,23						
НСР <sub>05</sub>	т/га	0,12	0,14	0,21						
Масса 1000 зерен	г	215,0	247,0	231,0	231,0	234,0	275,0	251,0	253,3	-22,3
Содержание протеина	%	19,8	23,5	20,5	21,3	20,8	24,1	21,0	22,0	-0,7
Разваримость	мин	90,3	87,8	68,2	82,1	88,0	107,0	63,8	86,3	-4,2
Вегетационный период	дней	71	68	71	70	72	71	71	71	-1
Высота	см	40,5	31,8	67,0	46,4	48,8	40,6	68,4	52,6	-6,2
Поражение плодовой жоржкой	%	0,8	0,0	1,8	0,8	0,0	1,5	1,5	1,0	-0,2
Поражение зерновкой	%	0,3	0,5	0,0	0,3	1,2	0,0	0,5	0,6	-0,3

С 2023 года сорт гороха Ульяновский юбилейный внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Центральному (3) и Уральскому (9) регионам РФ.

**Сорт гороха Виридис** – среднеспелый, вегетационный период – 64-76 дней. Безлисточковый. Число узлов до первого фертильного узла включительно среднее. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости средняя. Максимальное число цветков на узел – два. Бобы прямые или с очень слабым изгибом, с тупой верхушкой.

Семена округлые. Семяздоли зеленые. Рубчик светлый. Высота растений – 45-80 см. Засухоустойчивость повышенная. Устойчивость к полеганию и осыпанию высокая. Масса 1000 семян – 210-260 г. Содержание белка в зерне – 20-22%. Разваримость – 95-100 мин.

За три года конкурсного сортоиспытания превысил стандартный сорт Указ на 0,11 т/га (табл. 5).

Таблица 5

**Основные параметры сорта гороха Виридис в сравнении со стандартом**

Хозяйственные и биологические свойства										
Показатели	Ед. измерения	Виридис				Указ				Отклонение от Указ
		2018	2019	2020	средн	2018	2019	2020	средн.	
Урожай зерна	т/га	1,31	2,06	1,85	1,74	1,31	1,91	1,68	1,63	+0,11
Отклонение от Указ	т/га	0,0	0,15	0,17						
НСР <sub>05</sub>	т/га	0,11	0,12	0,15						
Масса 1000 зерен	г	236,0	268,0	247,0	250,3	234,0	275,0	250,0	253,0	-2,7
Содержание протеина	%	21,3	19,2	22,4	21,0	21,0	19,8	22,2	21,0	0,0
Разваримость	мин	102,8	110,3	88,2	100,4	98,8	94,8	83,8	92,5	-7,9
Вегетационный период	дней	72	69	71	71	72	69	71	71	0,0
Высота	см	46,6	55,2	79,0	60,3	48,8	40,6	68,4	52,6	+7,7
Поражение плодожоркой	%	1,3	0,2	1,9	1,1	1,8	0,0	1,2	1,0	+0,1
Поражение зерновкой	%	0,2	3,7	0,8	1,6	0,2	3,8	0,5	1,5	+0,1

С 2023 года сорт гороха Виридис внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Уральскому (9) региону РФ.

В результате исследований в конкурсном сортоиспытании по комплексу хозяйственно-ценных признаков были выделены линии 53/18 и 58/17, которые в 2022 году переданы в государственное сортоиспытание под названиями Абажур и Карандаш.

**Сорт гороха Абажур** зернового направления на продовольственные и зернофуражные цели. Среднеспелый, вегетационный период составляет 60-76 дней. Растения обычного типа роста, полукарликовые – средняя высота 60-80 см, устойчив к полеганию. Лист усатого типа, детерминантный, хорошо пригоден к механизированной уборке. Семена неосыпающиеся, гладкие, желто-серые. Масса 1000 зерен 220-260 г., относится к среднесеменным сортам. Содержание протеина 22-24 %, разваримость составляет 80-95 мин. Средняя урожайность за годы конкурсного сортоиспытания превысила стандартный сорт Указ на 0,36т/га и составила 2,61 т/га.

**Сорт гороха Карандаш** зернового направления на продовольственные и зернофуражные цели. Среднеспелый, вегетационный период составляет 58-73 дней. Растения обычного типа роста, полукарликовые – средняя высота 55-75 см., обладает высокой устойчивостью к полеганию, хорошо пригоден к механизированной уборке. Лист усатого типа. Семена осыпающиеся, гладкие, желто-серые. Масса 1000 зерен 180-230 г., относится к среднесеменным сортам. Содержание протеина 20-23%, разваримость составляет 110-130 мин. Средняя урожайность за годы конкурсного сортоиспытания превысила стандартный сорт Указ на 0,37 т/га и составила 2,62 т/га.



### Заключение

Новые сорта гороха Синбир, Тус, Ульяновский Юбилейный и Виридис способны формировать стабильную урожайность зерна хорошего качества в разных почвенно-климатических условиях в том числе и в неблагоприятные годы, хорошо реагировать на благоприятные изменения при возделывании.

Селекция новых сортов обеспечивает постоянный прогресс в развитии отраслей сельского хозяйства за счет повышения урожайности, улучшения качества продукции и снижения энергозатрат на ее производство.

С 2023 года сорта гороха Абажур и Карандаш будут проходить государственное сортоиспытание по Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Центрально-Черноземному (5), Северо-Кавказскому (6), Средневолжскому (7), Нижневолжскому (8) и Уральскому (9) регионам РФ.

С возрастанием требований, предъявляемых к новым сортам, и усложнением задач селекции, предусматривается научный поиск в направлении совершенствования схем скрещиваний, методов работы с гибридными популяциями, оценки селекционного материала.

### Литература

1. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры - важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 6-13.
2. Полухин А.А., Панарина В.И. Основные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и пути их решения // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020, – № 3 (35). – С. 5-12. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179
3. Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Инновационные технологии селекции, семеноводства и системы управления вегетацией как ключевой фактор повышения конкурентоспособности сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3 (27). – С.4-8.
4. Звягинцев М. Горох как источник белка и лучший предшественник для зерновых // Аграрное обозрение. – 2015. № 5 (51). – С. 28-36.
5. Браилова И.С., Филатова И.А., Юрьева Н.И., Белоусова Ю.В. Оценка перспективных сортообразцов гороха по качеству и взаимосвязь биохимических показателей с урожайностью и массой 1000 зерен // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3(35). – С. 20-25.
6. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Дмитриев А.М. [и др.]. Особенности цветения и плодообразования у сортов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (87). – С. 69-74.
7. Aigner, A. Ertrags- und Anbauentwicklung bei Eiweisspflanzen in Bayern und Deutschland / A. Aigner // Tagung 23-25. – November, 2010. – P. 87–89.
8. Shakirzyanova, M.S. New Varieties of Seed Peas for a Wide Area of Cultivation/ M.S. Shakirzyanova, N.A. Shagaev // Towards an Increased Security: Green Innovation. Intellectual Property Protection and Information Security: Conference proceedings, Switzerland, 01 января-31 2021 года.- Switzerland: Springer, 2022.-P. 77-85.- DOI 10.1007/978-3-030-93155-1\_10.- EDN SNWPNF
9. Burstin J., Duc G. Protein content and protein composition of pea seeds. The relationship between protein content and protein composition of pea seeds // Grain Legumes. – 2007.
10. ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений». Официальный сайт. URL: <http://www.gosort.com/docs/rus/REESTR2021.pdf> (дата обращения 04.04.2023 г.)
11. Межгосударственный стандарт // Зерно и продукты его переработки/ Метод определения белка. ГОСТ 10846 – 91. – Москва. Стандартиформ. – 2009 г. URL: [http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_10846-91](http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_10846-91) (дата обращения 05.04.2023 г.)

12. Прибор для определения разваримости зерновых бобовых культур// Экология справочник/ Определение разваримости зерна зерновых и бобовых культур методом учета разваримости каждого зерна. URL: <http://ru-ecology.info/pics/203653101520006/> (дата обращения 05.04.2023г.)

### References

1. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V., Naumkin V.V. Zernobobovye kul'tury vazhnyi faktor ustoichivogo ekologicheskoi orientirovannogo sel'skogo khozyaistva [Pulses are an important factor in sustainable, environmentally oriented agriculture]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2016, no.1 (17), pp. 6-13. (In Russian)
2. Polukhin A.A., Panarina V.I. Osnovnye problemy selektsii i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i puti ikh resheniya [The main issues of breeding and seed production of agricultural crops and ways to solve them]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020, no.3(35), pp.5-12. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179 (In Russian)
3. Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. Innovatsionnye tekhnologii selektsii, semenovodstva i sistemy upravleniya vegetatsiei kak klyuchevoi faktor povysheniya konkurentosposobnosti sel'skogo khozyaistva [Innovative breeding technologies, seed production and vegetation management systems as a key factor in increasing the competitiveness of agriculture]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018. no.3(27), pp.4-8. (In Russian)
4. Zvyagintsev M. Gorokh kak istochnik belka i luchshii predshestvennik dlya zernovykh [Peas as a source of protein and the best predecessor for cereals]. *Agrarnoe obozrenie*. 2015. no.5(51), pp. 28-36. (In Russian)
5. Brailova I.S., Filatova I.A., Yur'eva N.I., Belousova Yu.V. Otsenka perspektivnykh sortobraztsov gorokha po kachestvu i vzaimosvyaz' biokhimicheskikh pokazatelei s urozhainost'yu i massoi 1000 zeren [Evaluation of promising pea varieties in terms of quality and the relationship of biochemical parameters with yield and weight of 1000 grains]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 3(35), pp. 20-25. (In Russian)
6. Davletov F.A., Gainullina K.P., Dmitriev A.M. et al. Osobennosti tsveteniya i plodoobrazovaniya u sortov gorokha posevnogo (*Pisum sativum* L.). [Peculiarities of flowering and fruit formation in varieties of peas (*Pisum sativum* L.).] *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021, no. 1 (87), pp. 69-74. (In Russian)
7. Aigner A. Ertrags- und Anbauentwicklung bei Eiweisspflanzen in Bayern und Deutschland. Tagung 23-25, November, 2010, pp. 87-89.
8. Shakirzyanova M.S., Shagaev N.A. New Varieties of Seed Peas for a Wide Area of Cultivation. Towards an Increased Security: Green Innovation. Intellectual Property Protection and Information Security: Conference proceedings, Switzerland, 01 yanvarya-31 2021 goda, Switzerland: Springer, 2022, Pp. 77-85, DOI 10.1007/978-3-030-93155-1\_10, EDN SNWPNF
9. Burstin J., Duc G. Protein content and protein composition of pea seeds. The relationship between protein content and protein composition of pea seeds. *Grain Legumes*, 2007.
10. FGBU «Gosudarstvennaya komissiya Rossiiskoi Federatsii po ispytaniyu i okhrane selektsionnykh dostizhenii». Ofitsial'nyi sait. [FSBI "State Commission of the Russian Federation for the Testing and Protection of Breeding Achievements". Official site.] URL: <http://www.gosort.com/docs/rus/REESTR2021.pdf> (Accessed 04.04.2023g.)
11. Mezhhgosudarstvennyi standart. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya belka. GOST 10846 - 91 [Interstate standard. Grain and products of its processing. Protein determination method. GOST 10846 - 91]. Moskva. *Standartinform*. 2009. URL: [http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_10846-91](http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_10846-91) (Accessed 05.04.2023)
12. Pribor dlya opredeleniya razvarimosti zernovykh bobovykh kul'tur. Ekologiya spravochnik. Opredelenie razvarimosti zerna zernovykh i bobovykh kul'tur metodom ucheta razvarimosti kazhdogo zerna. [Device for determining the digestibility of grain legumes. Ecology handbook. Determination of the digestibility of grains of cereals and legumes by taking into account the digestibility of each grain] URL: <http://ru-ecology.info/pics/203653101520006/> (Accessed 05.04.2023)

## ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОТИПОВ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

**Л.И. ЛИХАЧЁВА**, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-9161-1496,  
E-mail: selektsiya@bk.ru

**А.В. МОСКАЛЁВ**, научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-5559-2635, E-mail: i@almos10.ru

ФГБНУ УРАЛЬСКИЙ ФАНИЦ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН  
E-mail: uralniishoz@list.ru

*В период с 2018 по 2021 годы было проведено исследование коллекции гороха на реакцию сортообразцов различных морфотипов (усатые, листочковые, хамелеоны) на изменение условий среды. Сравнительная оценка проводилась по параметрам: стрессоустойчивость, генетическая гибкость, пластичность, стабильность, общая и специфическая адаптивная способность и селекционная ценность. Рассмотрена корреляционная связь между параметрами адаптивности сортов коллекции и их продуктивностью. По итогу исследования было выявлено, что горох с усатым типом листа более пластичный и сильнее других морфотипов реагирует на изменения условий выращивания, обладает меньшей стрессоустойчивостью. Также сорта данного морфотипа характеризуются большей продуктивностью и потенциалом урожайности. Наиболее экологически стабильным и стрессоустойчивым морфотипом гороха показал себя морфотип хамелеон. Сорта данного морфотипа дают не высокий, но стабильный урожай. По результатам изучения коллекции выделены генетические источники для создания адаптивных и пластичных сортов: усатые – Астронавт (Германия), Рокет (Дания), Премьер (Ростовская обл.), Томас (Тюменская обл.), хамелеон Спартак (Орловская обл.) и листочковая линия 13-24 (Свердловская обл.).*

**Ключевые слова:** горох посевной, хамелеон, сортообразец, продуктивность, морфотип, стабильность, пластичность.

**Для цитирования:** Лихачева Л.И., Москалев А.В. Изучение параметров адаптивности различных морфотипов гороха в условиях Среднего Урала. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):19-27. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-19-27

## STUDY OF THE ADAPTABILITY PARAMETERS OF VARIOUS MORPHOTYPES OF PEAS IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS

**L.I. Likhacheva, A.V. Moskalev**

FSBSI URAL FEDERAL AGRARIAN RESEARCH CENTER  
OF THE URAL BRANCH OF THE RAS

**Abstract:** *In the period from 2018 to 2021, a study of the pea collection was conducted on the reaction of cultivars of various morphotypes (leafless, leafy, chameleons) to changes in environmental conditions. The comparative assessment was carried out according to the following parameters: stress resistance, genetic flexibility, plasticity, stability, general and specific adaptive ability and breeding value. Correlation between the parameters of the adaptability of the varieties of the collection and their productivity is considered. According to the results of the study, it was revealed that peas of a leafless type are more plastic and react more strongly than other morphotypes to changes in growing conditions, and have less stress resistance. Also, varieties of this morphotype are characterized by greater productivity and yield potential. The chameleon*

*morphotype proved to be the most environmentally stable and stress-resistant morphotype of peas. Varieties of this morphotype do not give a high, but stable yield. Based on the results of the study of the collection, genetic sources have been identified for the creation of adaptive and plastic varieties: leafless - Astronaut (Germany), Rocket (Denmark), Premier (Rostov region), Thomas (Tyumen region), chameleon - Spartak (Oryol region) and leaf line 13-24 (Sverdlovsk region).*

**Keywords:** seed peas, chameleon, varietal, productivity, morphotype, stability, plasticity.

В современной селекции гороха всё больше наблюдается использование гороха разного морфотипа помимо листочкового: усатые, хамелеоны, люпиноиды, короткостебельные, детерминантные формы и пр. На данный момент это является основным резервом повышения продуктивности гороха является использование в селекции новых форм гороха с различной морфоструктурой растения [1, 2, 3]. Основными морфотипами, изучаемыми в коллекционном питомнике, являются усатые и листочковые формы и хамелеоны. В коллекции Красноуфимского селекционного центра используются как отечественные генетические источники, так и сортообразцы из разных стран: Россия (65,7%), Украина (9,4%), Чехия (3,6%), Германия (4,7%), Канада (3,6%).

Интерес к другим морфотипам возник из-за ряда недостатков обычного листочкового гороха: высокая полегаемость, неравномерное созревание бобов на растении, осыпаемость семян. Безлисточковые формы гороха имеют более короткий стебель и мощные усы, которые обеспечивают лучшую устойчивость к полеганию, и имеют неосыпающиеся семена [4, 5].

Но, помимо этого, необходима оценка коллекционного материала на экологическую устойчивость и отзывчивость на изменения условий среды. Так как технология возделывания гороха является результатом сложного взаимодействия «генотип-среда», и потенциал сортов может реализовываться только в определённых благоприятных условиях среды. Для того чтобы оценить степень влияния изменения условий выращивания на различные морфотипы необходимо провести сравнительный анализ по экологической адаптивности, стрессоустойчивости и пластичности [6, 7, 8].

#### **Материалы и методы**

Изучение коллекции гороха проводилось с 2018 по 2021 года в ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН на опытном участке Красноуфимского селекционного центра.

**Цель исследования** – изучение параметров адаптивности различных морфотипов гороха: листочковые, усатые, хамелеоны. Сравнительная оценка их по таким параметрам как стрессоустойчивость, генетическая гибкость, пластичность, стабильность, общая и специфическая адаптивная способность и селекционная ценность.

Предшественником был сидеральный (сурепица) пар. Почвы – серые лесные. Поля севооборота имели следующие агрохимические показатели: рН<sub>KCl</sub> – 6,48, гидролитическая кислотность – 1,61 мг-экв./100г почвы, содержание гумуса (по Тюрину) – 5,1%, легкогидролизуемого азота (по Корнфилду) – 114 мг/кг почвы, обменного калия (по Кирсанову) – 146 мг/кг почвы, фосфора (по Кирсанову) – 254 мг/кг почвы.

Ранней весной проводилось закрытие влаги в два следа и предпосевная культивация в два следа на глубину заделки семян с одновременным боронованием. Семена высевались с нормой высева 1,3 млн всхожих семян/га сеялкой ССФК-7, учетная площадь делянок – 3 м<sup>2</sup>. Наблюдения и учеты выполняли по методике государственного сортоиспытания зернобобовых культур (Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / ВАСХНИЛ, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова. – Ленинград: ВИР, 1975. – 59 с.). Математическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1985).

Показатели экологической стабильности и пластичности рассчитывались по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.З. Прокудина, Л.М. Лопатиной [10, 9]. Устойчивость сортов к стрессу и среднюю урожайность в контрастных условиях среды определяли по уравнению A.A. Rossille, J. Hamblin, цит. по А.А. Гончаренко [11, 10]. Для расчётов использовалась программа Microsoft Excel и надстройка к Microsoft Excel для статистического анализа и оценки результатов полевых и лабораторных опытов AgCStat.

Было изучена коллекция гороха в количестве 207 образцов различных морфотипов (усатые, листочковые и хамелеоны), из них выделены по продуктивности 45 сортов по 15 лучших сортообразцов каждого морфотипа. Среди выделенных сортообразцов был проведён расчёт соотношений морфотипов по признакам адаптивности.

Метеорологические условия на юго-западе Свердловской области, где расположен Красноуфимский селекционный центр УрФАНИЦ УрО РАН за период проведения исследования сильно отличались по годам от сильного переувлажнения до засухи. Наиболее благоприятными были года 2019 и 2020-й, в которых наблюдалось незначительное отклонение от среднемноголетних показателей, при достаточном увлажнении и тёплой погоде. Индекс среды в данные годы составлял 8,7 и 3,71 соответственно (табл. 1).

В 2018 и 2019 годах погодные условия были на уровне среднемноголетних, но в 2018 году наблюдался переизбыток влаги период налива зерна, что негативно сказалось на урожайности. Индекс среды в 2018 году составил -1,34. Год 2020 был тёплым и благоприятным для гороха, ГТК составлял 1,0 с индексом среды 3,71. Год 2021 отличился как наименее благоприятный, индекс среды составил - 11,07. Этому сопутствовала сильная засуха (ГТК - 0,8), во время появления всходов осадки практически отсутствовали, это привело к пониженной всхожести, и в течение всей вегетации наблюдался сильный недостаток влаги (на 35% ниже среднемноголетнего) при повышенной температуре воздуха (на 2,5°C выше среднемноголетнего).

Таблица 1

**Метеоданные за 2018-2021 годы**

Показатели	Годы исследования			
	2018	2019	2020	2021
Осадки, мм	193	204	150	127
Отклонение от среднемноголетнего, %	-2	+4	-24	-35
Температура, °С	14,6	15,1	16,8	17,1
Отклонение от среднемноголетнего, °С	0,0	+0,4	+2,2	+2,5
Индекс среды (Ij)	-1,34	8,70	3,71	-11,07
ГТК	1,5	2,1	1,0	0,8

За период исследования наблюдались разнообразные погодные условия от переувлажнения до засухи, что позволяют лучше оценить сорта коллекции на стрессоустойчивость и адаптивную способность.

Климатические условия года за период исследования сильно менялись от переувлажнения до засухи, и стали основной причиной влияния на урожайность и её вариацию (71,17%) (табл. 2). Степень влияния генотипа составил 12,37%, степень взаимодействия «генотип-среда» - 16,46%.

Таблица 2

**Степень влияния фактора генотип-среда на общее изменение продуктивности сортообразцов**

Источники вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F <sub>факт</sub>	F <sub>та695</sub>	Влияние %
Общее	131,56	179				100,00
Среда	93,63	3				71,17
Генотип	16,28	44	0,37	2,4	1,5	12,37
Генотип-среда	21,65	132	0,16			16,46

**Результаты и обсуждения**

Для определения параметров адаптивности и его хозяйственной ценности сортов гороха был проведён комплексный показатель реакции сортов на изменения условия среды (табл. 3).

Таблица 3

**Изучаемые сортообразцы коллекции гороха листочкового морфотипа (2018-2021 гг.)**

Сорт	Урожайность, т/га	Стрессоустойчивость $Y_2 - Y_1$	Генетическая гибкость $((Y_2 + Y_1)/2)$	Коэффициент вариации V, %	Гомеостатичность Ном	Пластичность bi	Стабильность $Si^2$	ОАС*	САС*	СЦ*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Листочковые</b>										
Таловец 65	2,32	-2,75	2,29	42%	2,0	1,30	0,09	0,16	1,13	0,96
Эдем	2,42	-2,33	2,00	39%	2,6	1,25	0,15	0,26	1,10	1,09
Тюменец	2,10	-2,26	1,87	42%	2,2	1,20	0,04	-0,06	1,02	0,86
10-147	2,12	-2,47	2,27	42%	2,0	1,15	0,18	-0,04	1,03	0,87
Орлан	2,03	-2,18	1,74	41%	2,3	1,10	0,07	-0,13	0,96	0,87
Красноуфимский неосыпающийся	2,26	-2,28	2,19	36%	2,8	1,10	0,04	0,10	0,94	1,13
13-24	2,53	-2,11	2,28	32%	3,8	1,08	0,03	0,37	0,93	1,41
Фитотрон 1	2,08	-1,87	1,90	38%	3,0	1,03	0,09	-0,08	0,91	0,98
Фаленский юбилейный	2,12	-2,33	1,81	42%	2,2	0,97	0,54	-0,04	1,02	0,89
Марафон	2,20	-1,76	2,24	35%	3,6	0,95	0,21	0,04	0,89	1,13
Венец	2,28	-1,77	1,99	31%	4,1	0,94	0,09	0,12	0,83	1,28
Чишминский 229	2,14	-1,88	2,06	31%	3,6	0,90	0,03	-0,02	0,78	1,20
Erbі	2,23	-2,03	2,03	34%	3,3	0,88	0,30	0,06	0,86	1,18
Титан	2,23	-1,45	2,11	26%	6,0	0,77	0,01	0,06	0,66	1,43
Нарымский 14	2,03	-1,74	2,13	38%	3,1	0,63	0,77	-0,13	0,89	0,95
<b>Усатые</b>										
Madonna	2,41	-3,13	2,44	48%	1,6	1,56	0,10	0,25	1,34	0,79
Альвеста	2,34	-3,08	2,13	48%	1,6	1,52	0,03	0,18	1,29	0,78
Оплот	2,33	-3,15	2,26	48%	1,5	1,51	0,08	0,17	1,30	0,76
Альянс	2,25	-3,06	2,30	49%	1,5	1,33	0,54	0,09	1,28	0,71
Премьер	2,55	-2,75	2,46	38%	2,4	1,30	0,12	0,38	1,13	1,18
Красноуфимский 11	2,27	-2,38	2,24	42%	2,3	1,25	0,11	0,10	1,09	0,95
Родник	2,39	-2,39	2,47	40%	2,5	1,23	0,19	0,23	1,10	1,07
Юлдаш	2,33	-2,65	2,33	43%	2,1	1,15	0,58	0,17	1,16	0,94
Ангела	2,25	-2,17	2,25	39%	2,6	1,15	0,14	0,09	1,02	1,02
Стабил	2,30	-2,11	2,28	38%	2,9	1,13	0,14	0,14	1,00	1,09
Астронавт	2,68	-2,27	2,86	33%	3,6	1,12	0,24	0,52	1,02	1,44
Кадет	2,21	-2,01	2,00	37%	3,0	1,08	0,05	0,05	0,93	1,08
Рокет	2,64	-2,18	2,58	30%	4,0	1,08	0,01	0,48	0,91	1,53
Сотник	2,40	-2,28	2,19	35%	3,0	1,06	0,21	0,24	0,97	1,22

Сорт	Урожайность, т/га	Стрессоустойчивость $Y_2 - Y_1$	Генетическая гибкость $((Y_2 + Y_1)/2)$	Коэффициент вариации V, %	Гомеостатичность Ном	Пластичность bi	Стабильность Si <sup>2</sup>	OAC*	SAC*	СЦ*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Томас	2,22	-1,28	2,36	22%	7,9	0,52	0,19	0,06	0,57	1,54
Хамелеоны										
Аз-331	2,33	-2,50	2,42	40%	2,3	1,24	0,12	0,17	1,08	1,02
Аз-131	2,18	-2,16	2,09	36%	2,8	1,08	0,00	0,02	0,92	1,07
Аз-318	2,24	-2,02	2,16	32%	3,4	0,97	0,04	0,08	0,83	1,24
Аз-92-897	1,95	-1,75	1,76	36%	3,1	0,91	0,09	-0,21	0,80	0,98
Аз-1061	2,24	-1,67	2,00	29%	4,6	0,87	0,04	0,08	0,75	1,32
Аз-1397	2,07	-1,65	2,17	32%	3,9	0,84	0,12	-0,09	0,77	1,14
Аз-95-614	1,49	-1,72	1,64	42%	2,1	0,76	0,16	-0,67	0,72	0,62
Спартак	2,35	-1,54	2,40	24%	6,3	0,75	0,04	0,19	0,66	1,56
Аз-176	1,75	-1,39	1,47	33%	3,9	0,69	0,14	-0,41	0,66	0,95
Аз-129	1,68	-1,33	1,50	30%	4,2	0,66	0,04	-0,48	0,58	0,98
Аз-1420	1,79	-1,34	1,66	27%	4,9	0,65	0,03	-0,38	0,57	1,10
Аз-95-645	1,19	-0,96	1,19	35%	3,6	0,52	0,05	-0,97	0,48	0,61
Аз-130	1,43	-1,43	1,31	37%	2,7	0,49	0,30	-0,73	0,61	0,69
Орёл	1,98	-0,97	1,87	18%	11,1	0,37	0,12	-0,18	0,42	1,47
Аз-136	1,75	-0,89	1,73	18%	10,6	0,35	0,07	-0,41	0,37	1,30

\* – OAC – Общая адаптивная способность; SAC – Специфическая адаптивная способность; СЦ – Селекционная ценность генотипа

По урожайности за годы испытания наибольший результат показали сорта: усатые – Астронавт (2,68 т/га), Рокет (2,64 т/га), Премьер (2,55 т/га); листочковые – 13-24 (2,53 т/га), Эдем (2,42 т/га), Таловец 65 (2,32 т/га); хамелеоны – Спартак (2,35 т/га), Аз-331 (2,33 т/га), Аз-318 (2,24 т/га) (рис. 1).

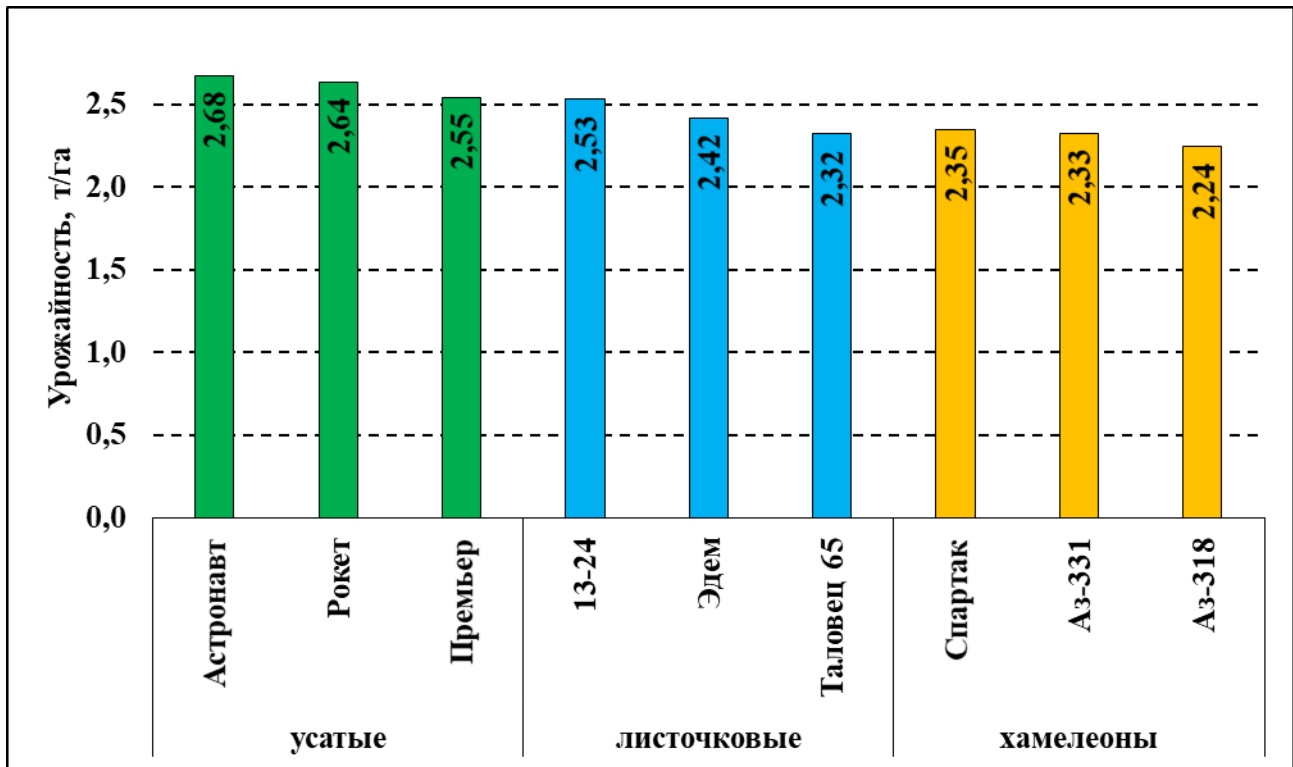


Рис. 1. Урожайность лучших сортообразцов коллекции, в среднем за 2018-2021 гг.

Как показали данные изучения параметров адаптивности хамелеоны обладают хорошей стрессоустойчивостью ( $Y_2 - Y_1 = -1,75 \dots -0,89$ ), более 65% сортов показали лучший результат. Наилучшей стрессоустойчивостью обладает сорт Аз-136 (-0,89). Лучший результат по листовым показали 25% сортообразцов ( $Y_2 - Y_1 = -1,88 \dots -1,45$ ), наибольшая стрессоустойчивость у сорта Титан (-1,45). Усатый морфотип наименее стрессоустойчив, выделилось лишь 10% сортообразцов ( $Y_2 - Y_1 = -2,01 \dots -1,28$ ), лучший показатель у сорта Томас (-1,28). Корреляция стрессоустойчивости составляет  $r = -0,641$  (табл. 4). Стрессоустойчивые сорта имеют меньший потенциал продуктивности, но могут давать стабильные урожаи (рис. 2).

Таблица 4

**Корреляционная связь между продуктивностью и параметрами адаптивности**

Показатели	Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость	Коэффициент вариации	Гомеостатичность	Пластичность	Стабильность	САС	СЦГ
Продуктивность	-0,641	0,906	0,171	-0,192	0,671	-0,007	0,650	0,482



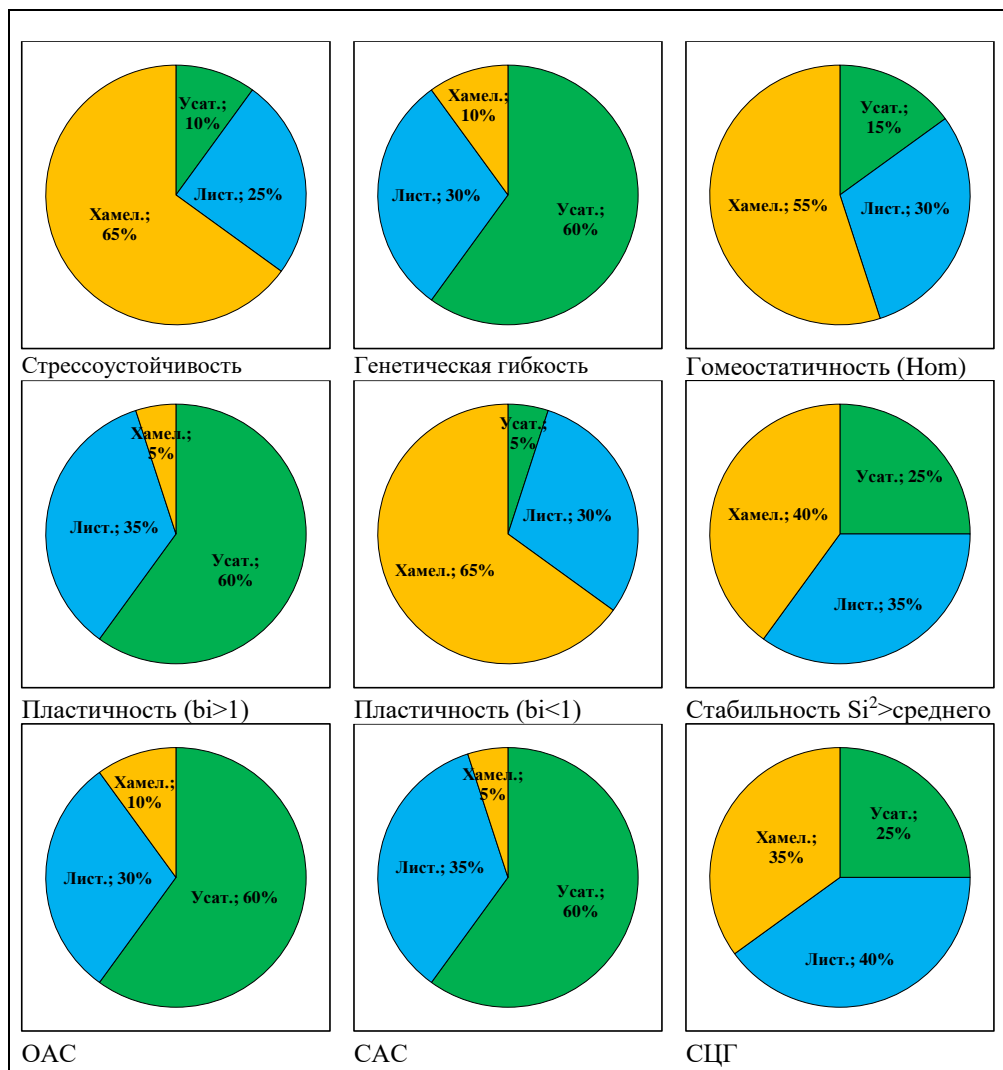


Рис. 2. Параметры адаптивности коллекции гороха

На диаграмме (рис.2) видно, что усатые сорта имеют лучшую генетическую гибкость (60% выделившихся) и хорошо реагируют на изменения условий среды ( $(Y_2 + Y_1)/2 = 2,00...2,86$ ), наибольшее значение у сорта Астронавт (2,86). Листочковые обладают меньшей генетической гибкостью (30% выделившихся) и меньше реагируют условия года ( $(Y_2 + Y_1)/2 = 1,74...2,29$ ), наилучший результат у сорта Таловец 65 (2,29). Наихудшую генетическую гибкость показали хамелеоны, лишь 10% выделившихся ( $(Y_2 + Y_1)/2 = 1,19...2,42$ ), но неплохие значения показали сорта Аз-133 (2,42) и Спартак (2,40). Корреляционная связь с урожайностью составляет  $r=0,906$ , значит высокий показатель генетической гибкости у сортов влияет на общую продуктивности сорта.

Наиболее гомеостатичными сортами показали себя хамелеоны (55% выделившихся) с показателями Nom от 2,1 до 11,1. Они также имеют наименьшую вариативность по продуктивности от 18% до 42%. Из листочковых выделились по гомеостатичности 30% сортов (Nom= 2,0...6,0) с коэффициентами вариации 26-42%. Наибольший показатель гомеостатичности был у сортов морфотипа хамелеон: Орёл (11,1), Аз-136 (10,6) и усатого сорта Томас (7,9). Сильной корреляционной связи гомеостатичности и вариативности с продуктивностью выявлено не было ( $r=-0,192$  и  $0,171$  соответственно).

Среди морфотипов отобранных по высокому параметру пластичности ( $b > 1$ ) наибольшую долю заняли сорта усатого морфотипа (60%). Сорта с лучшей пластичностью Мадонна (1,56), Альвеста (1,52), Оплот (1,51). Доля листочковых сортов и хамелеонов составила 35% и 5% соответственно. Из листочковых наибольшая пластичность у сортов Таловец 65 (1,30) и Эдем (1,25). Корреляционная связь продуктивности и пластичности составила  $r=0,671$ . сорта усатого морфотипа обладают наибольшей пластичностью и отзывчивостью на изменение условий года.

Среди сортов с низким уровнем пластичности ( $b < 1$ ) преобладает морфотип «хамелеон» (65% от общего числа сортов). Сорта с наименьшим уровнем пластичности Аз-136 (0,35), Орёл (0,37), Аз-130 (0,49). На долю листочковых приходится 30% сортов, а из усатых форм только 5% сортов (сорт Томас  $b=0,52$ ). Хамелеоны обладают слабой реакцией на изменения условий выращивания. Листочковый морфотип может похвастаться большей универсальностью реакции на изменение условия среды.

Среди более статичных морфотипов с низким показателем  $Si^2$  большую долю заняли хамелеоны (40%), листочковые и усатые по 35% и 25% соответственно. Это также говорит в пользу большей пластичности усатых сортов и большей стабильности у хамелеонов. Корреляционная связь между продуктивностью и показателем стабильности составила  $r=0,033$ .

В группу выделившихся по общей адаптивной способности (ОАС) попало 60% сортов усатого морфотипа (0,09...0,59), 30% сортов листочкового морфотипа (0,09...0,37) и 10% хамелеонов (0,17...0,19). Наибольшие показатели были у усатых сортов Астронавт (0,59), Рокет (0,48), Премьер (0,38) и листочковой линии 13-24 (0,37). И среди выделившихся по специфической адаптивной способности (САС) наибольший процент был среди усатых (60%) (0,97...1,34), листочковые 35% (1,02...1,13) и хамелеоны 5% (1,08). Самые высокие значения показали усатые сорта Мадонна (1,34), Оплот (1,30). Коэффициент корреляции продуктивности с САС составляет  $r=0,651$ .

По признаку селекционная ценность наибольшие показатели были у гороха листочкового морфотипа (40%) (1,09...1,43), доля хамелеонов (1,10...1,56) и усатых (1,18...1,54) сортообразцов 35% и 25% соответственно. Наибольшие значения признака было у хамелеона Спартак (1,56) и усатых сортов Томас (1,54), Рокет (1,53). Корреляция СЦГ с продуктивностью составила  $r=0,476$ .

### Заключение

Таким образом, горох с усатым типом листа более пластичный ( $bi=1.08-1.36$ ) и сильнее других морфотипов реагирует на изменения условий среды (генетическая гибкость=2,00-2,86), но при этом он обладает меньшей стрессоустойчивостью (-3,15...-1,28). Также усатые сорта характеризуются большей продуктивностью и потенциалом урожайности (2,21-2,68 т/га).

Листочковые сорта обладают неплохой стабильностью ( $Si^2=0,01-0,77$ ) и имеют более высоким показатель генетической ценности (0,86-1,43).

Самыми экологически стабильными и стрессоустойчивым горохом является морфотип хамелеон ( $Si^2=0,0-0,3$ ). Сорта данного морфотипа могут давать не высокий, но стабильный урожай (1,19-2,35 т/га).

Исходя из корреляционного анализа на продуктивность больше всего влияют такие показатель как генетическая гибкость ( $r=0,906$ ), пластичность ( $r=0,671$ ), стрессоустойчивость ( $r=-0,641$ ) и СЦГ ( $r=0,482$ ).

По совокупности показателей адаптивности изучения коллекции можно выделить следующие генетические сточки для селекции на адаптивные или пластичные сорта: усатые – Астронавт (Германия) по продуктивности (2,68 т/га), генетической гибкости (2,86) и ОАС (0,59), Рокет (Дания) по продуктивности (2,64 т/га), ОАС (0,48) и СЦГ (1,53), Премьер (Ростовская обл.) по продуктивности (2,55 т/га) и ОАС (0,38), Томас (Тюменская обл.) по гомеостатичности (7,9), экологической стабильности ( $b=0,52$ ) и СЦГ (1,54), хамелеон Спартак (Орловская обл.) по продуктивности (2,35 т/га), генетической гибкости (2,40) и СЦГ (1,56) и листочковая линия 13-24 (Свердловская обл.) по продуктивности (2,53 т/га), ОАС (0,37).

Дополнительно по продуктивности можно выделить генетические сточки для селекции: усатые сорта Мадонна (Германия) (2,41 т/га), Родник (Орловская обл.) (2,39 т/га), листочковые сорта Эдем (Свердловская обл.) (2,42 т/га) Таловец 65 (Воронежская обл.) (2,32 т/га). Данные сорта усатого морфотипа превышают принятый в регионе стандарт по усатым сортам Красноуфимский 11 (2,27 т/га) на 5,0-17,4%. И листочковые сорта и хамелеоны превышают листочковый стандарт Марафон (2,24 т/га) на 3,5-12,8%.

**Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки. «Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам (150)» по теме: «Создание конкурентоспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам».**

#### Литература

1. Чураков А. А., Валиулина Л. И. Результаты и перспективы селекции гороха усатого морфотипа в Красноярском крае // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 24-26. – EDN SHUDBP.
2. Кондыков И. В., Бобков С. В. Урожайность и качество зерна у сортов гороха с различным сочетанием рецессивных мутантных генов // Аграрная Россия. – 2012. – № 8. – С. 2-6. – EDN TMVKWF.
3. Фадеева А. Н. Основные достижения и направления селекции гороха в Татарском НИИСХ // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1(1). – С. 65-68. – EDN QCPATR.
4. Семенов В. А. Современное состояние и направления развития исследований по селекции гороха на 2011-2015 годы // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2(2). – С. 45-50. – EDN QCRLGH.
5. Омелянюк Л. В., Асанов А.М. Изучение сортообразцов гороха мировой коллекции ВИР в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2006. – № 1(161). – С. 17-23. – EDN HUICDJ.
6. Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Каримов И. К. Влияние метеорологических условий на формирование урожая зерна гороха // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 5. – С. 10-16. – EDN XRLICX.
7. Филатова И. А. Формирование элементов продуктивности гороха в зависимости от погодных условий вегетационного периода // Земледелие. – 2018. – № 6. – С. 44-56. – DOI 10.24411/0044-3913-2018-10612. – EDN YOEGQH.
8. Жученко, А. А. Эколого-генетические проблемы селекции растений // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – Т. 25. – № 3. – С. 3-4. – EDN UKNKQP.
9. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 109-113.
10. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 3. – С. 31-37. – EDN WLASMV.

#### References

1. Churakov A.A., Valiulina L.I. Rezul'taty i perspektivy selekcii goroha usatogo morfotipa v Krasnojarskom krae [Results and prospects of breeding of leafless pea morphotype in the Krasnoyarsk Territory]. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. 2014, no. 6, pp. 24-26. EDN SHUDBP. (In Russian)
2. Kondykov I.V., Bobkov S.V. Urozhajnost' i kachestvo zerna u sortov goroha s razlichnym sochetaniem recessivnyh mutantnyh genov [Yield and grain quality in pea varieties with different combinations of recessive mutant genes]. *Agrarnaja Rossija*, 2012, no. 8, pp. 2-6, EDN TMVKWF. (In Russian)
3. Fadeeva A.N. Osnovnye dostizhenija i napravlenija selekcii goroha v Tatarskom NIISH [The main achievements and directions of pea breeding in the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2012, no. 1(1), pp. 65-68, EDN QCPATR. (In Russian)
4. Semenov V. A. Sovremennoe sostojanie i napravlenija razvitija issledovanij po selekcii goroha na 2011-2015 gody [Current state and development directions of research on pea breeding for 2011-2015] *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2012, no. 2(2), pp. 45-50, EDN QCRLGH. (In Russian)
5. Omel'janjuk L.V., Asanov A.M. Izuchenie sortoobrazcov goroha mirovoj kollekcii VIR v uslovijah juzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri [The study of pea varieties of the world collection of VIR in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2006, no. 1(161), pp. 17-23, EDN HUICDJ. (In Russian)
6. Davletov F.A., Gajnullina K. P., Karimov I. K. Vlijanie meteorologicheskikh uslovij na formirovanie urozhaja zerna goroha [Influence of meteorological conditions on the formation of pea grain yield]. *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2016, no. 5, pp. 10-16, EDN XRLICX. (In Russian)
7. Filatova I.A. Formirovanie jelementov produktivnosti goroha v zavisimosti ot pogodnyh uslovij vegetacionnogo perioda [Formation of elements of pea productivity depending on the weather conditions of the growing season]. *Zemledelie*, 2018, no. 6, pp. 44-56, DOI 10.24411/0044-3913-2018-10612, EDN YOEGQH. (In Russian)
8. Zhuchenko A.A. Eekologo-geneticheskie problemy selekcii rastenij [Ecological and genetic problems of plant breeding] *Sel'skhozjajstvennaja biologija*, 1990, V. 25, no. 3, pp. 3-4, EDN UKNKQP. (In Russian)
9. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Ocenka jekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skhozjajstvennyh kul'tur [Assessment of ecological plasticity and stability of crop varieties] *Sel'skhozjajstvennaja biologija*. 1984, no.4, pp. 109-113. (In Russian)
10. Goncharenko A. A. Jekologicheskaja ustojchivost' sortov zernovyh kul'tur i zadachi selekcii [Ecological sustainability of cereal varieties and breeding tasks]. *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2016, no. 3, pp. 31-37, EDN WLASMV. (In Russian)

УДК 635.656:581.143.6

## АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА МОРФОТИПА ХАМЕЛЕОН В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

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

А.Н. СОБОЛЕВ\*, кандидат биологических наук

А.А. ЗЕЛЕНОВ\*\*, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-4544-7845

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР», ОРЕЛ

\*ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА», ОРЕЛ

\*\*АО «ЩЕЛКОВО АГРОХИМ», МОСКВА

*В статье представлены результаты оценки образцов гороха морфотипа хамелеон по устойчивости к осмотическому стрессу в селективных системах in vitro. Материалом для исследований служили образцы: Спартак, Ягуар, Орел, Сибирский 1, ТМ-06-457, Яз-06-643, Х<sub>2</sub>-12-90, Амих-99-1132, Wisconsin-9406. Сорта стандарты – Софья (короткостебельный, усатый тип листа) и Темп (короткостебельный, обычный тип листа). Для проведения эксперимента был использован эмбриогенный каллус, полученный из верхушек 5-дневных проростков гороха. Для имитации in vitro стрессового эффекта обезвоживания использовали питательные среды, содержащие 15% ПЭГ. Уровень устойчивости оценивали по индексу роста каллуса (ИРК), определяемому как отношение конечной сырой массы каллусов на селективных средах в процентах к контролю. Полученные данные свидетельствуют о возможности использования селективных систем in vitro с 15% ПЭГ для тестирования устойчивости образцов гороха к водному дефициту на клеточном уровне. Установлены генотипические различия по реакции на осмотический стресс, значение ИРК варьировало от 18,18% (Амих-99-1132) до 39,10% (Х<sub>2</sub>-12-90). Большинство генотипов морфотипа хамелеон оказались более стресс-толерантны в сравнении с сортами-стандартами Софья и Темп. Показано, что каллусы гороха, прошедшие отбор в селективных системах in vitro сохраняют способность к регенерации побегов. Наибольшее количество регенерантных побегов получено у сортов Ягуар и Сибирский 1. На ризогенных питательных средах in vitro получены корнесобственные растения-регенеранты сортов Ягуар, Орел, Сибирский 1.*

**Ключевые слова:** горох, морфотип, *in vitro*, каллус, осмоустойчивость, регенерация.

**Для цитирования:** Соболева Г.В., Соболев А.Н., Зеленев А.А. Анализ относительной засухоустойчивости образцов гороха морфотипа хамелеон в культуре *in vitro*. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):28-34. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-28-34

## ANALYSIS OF THE RELATIVE DROUGHT TOLERANCE OF PEA SAMPLES OF THE CHAMELEON MORPHOTYPE IN *IN VITRO* CULTURE

G.V. Soboleva, A.N. Sobolev\*, A.A. Zelenov\*\*

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

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

\*\* АО «SHCHELKOVO AGROCHEM», MOSCOW

**Abstract:** *The article presents the results of evaluation of chameleon morphotype pea samples for resistance to osmotic stress in in vitro selective systems. Samples served as material for*

research: Spartak, Yaguar, Orel, Sibirskii 1, TM-06-457, Yag-06-643, Kh<sub>2</sub>-12-90, Amikh-99-1132, and Wisconsin-9406. Varieties standards – Sof'ya (short-stemmed, tendril leaf type) and Temp (short-stemmed, standard leaf type). For the experiment, we used embryogenic callus obtained from the tops of 5-day-old pea seedlings. Nutrient media containing 15% PEG were used to imitate the stress effect of dehydration *in vitro*. The level of resistance was assessed by the callus growth index (CGI), defined as the ratio of the final wet weight of calli on selective media in percent to the control. The data obtained indicate the possibility of using *in vitro* selective systems with 15% PEG to test the resistance of pea samples to water deficiency at the cell level. Genotypic differences in response to osmotic stress were established, with CGI values ranging from 18.18% (Amikh -99-1132) to 39.10% (Kh<sub>2</sub>-12-90). Most chameleon morphotype genotypes were more stress-tolerant compared to the Sof'ya and Temp standard varieties. It has been shown that pea calluses that have passed selection in selective *in vitro* systems retain the ability to regenerate shoots. The greatest number of regenerated shoots was obtained in the varieties Yaguar and Sibirskii 1. On rhizogen nutrient media *in vitro* were obtained rootstock plants of Yaguar, Orel, and Sibirskii 1 varieties

**Keywords:** pea, morphotype, *in vitro*, callus, osmotolerance, regeneration.

### Введение

По расчетам климатологов, в долгосрочной перспективе большая часть территории Российской Федерации будет находиться в зоне более значительного потепления по сравнению с глобальным. Следствием такого изменения климата станет увеличение частоты и продолжительности засух. При этом, область распространения засух будет только расширяться, охватывая все новые зернопроизводящие районы [1]. В тоже время установлено, что возникающие в неблагоприятные годы засухи приводят к резкому падению урожайности именно у новых высокопродуктивных сортов и гибридов, имеющих более высокий уровень энерго- массообмена. Это применимо и к новым урожайным сортам гороха зернового [2]. Поэтому, перед селекционерами стоит задача совместить в одном генотипе высокую продуктивность и засухоустойчивость, что достаточно проблематично. В этой связи, возможности роста урожайности и устойчивости к водному дефициту возлагаются на изменение архитектоники растений гороха. Основные усилия селекционеров в настоящее время направлены на создание сортов короткостебельных, детерминантных, с измененным листовым аппаратом: безлисточковых (усатых), рассеченнолисточковых, типа хамелеон (с ярусной гетерофиллией), люпиноидов [3, 4, 5]. Широкомасштабных исследований по оценке устойчивости данных генотипов к засухе не проводилось. Существующие традиционные методы позволяют, как правило, лишь дифференцировать генотипы по ряду физиологических, биохимических и других признаков, коррелирующих со способностью растений противостоять засухе. Альтернативой традиционным подходам в селекции на засухоустойчивость могут служить биотехнологические методы, такие как клеточная селекция *in vitro* [6].

**Цель исследований** – оценка в селективных системах *in vitro* образцов гороха морфотипа хамелеон по устойчивости к осмотическому стрессу.

### Материал и методы исследований

Материалом для проведения исследований служили 9 генотипов гороха морфотипа хамелеон: Спартак, Ягуар, Орел, Сибирский 1, TM-06-457, Яг-06-643, X<sub>2</sub>-12-90, Амих-99-1132, Wisconsin-9406. Сорты стандарты – Софья (короткостебельный, усатый тип листа) и Темп (короткостебельный, обычный тип листа). Для экспериментов использовали каллусные ткани, полученные из верхушек 5-дневных стерильных проростков гороха. Оценку осмоустойчивости образцов осуществляли на селективных питательных средах *in vitro*. Основу питательных сред составляли минеральные соли согласно протоколу MS [7], витамины согласно протоколу B5 [8], мезо-инозитол – 100 мг/л, глицин – 2 мг/л, сахароза – 30000 мг/л. Для имитации дефицита влаги в состав питательных сред вводили полиэтиленгликоль с молекулярной массой 6000 (ПЭГ-6000), понижающий осмотический потенциал питательных сред, но не проникающий в клетки растений. Концентрация ПЭГ в

средах составляла 15%. Среды, содержащие ПЭГ-6000 остаются жидкими, поэтому каллусные ткани инкубировали на подложках из фильтровальной бумаги в стеклянных стаканчиках. Контроль – питательные среды без селективного фактора. Устойчивость генотипов к осмотическому стрессу оценивали по индексу роста каллуса (прирост каллуса на селективных средах в % к контролю). Продолжительность пассажа составляла 45-50 суток.

Для индукции регенерационных процессов в каллусных тканях использовали питательные среды без селективной нагрузки дополненные регуляторами роста. Для индукции ризогенеза регенерантные побеги переносили на среду с уменьшенной вдвое концентрацией минеральных солей по прописи В5 и дополненную НУК.

Приготовление питательных сред, субкультивирование каллусов проводили с использованием методик, разработанных ранее [9, 10]. Все культуры выращивали на свету при температуре 25<sup>0</sup>С и 16-ти часовом фотопериоде. Основные количественные показатели подвергали вариационно-статистической обработке (Б.А. Доспехов, 1985).

### Результаты и их обсуждение

Установлено, что на питательных средах без селективной нагрузки (контроль) рост каллусной ткани у всех изученных генотипов проходил довольно быстро, каллусы имели интенсивный зеленый цвет (табл. 1). У большинства генотипов сырая масса каллусов относительно начального веса эксплантов увеличивалась от 3,75 (Софья) до 8,70 раз (Wisconsin-9406), за исключением линий Х<sub>2</sub>-12-90 (1,33) и Амих-99-1132 (2,53).

В условиях смоделированной *in vitro* физиологической засухи все образцы сохраняют способность к росту каллусных тканей. Однако наблюдалось значительное ингибирование роста каллусов относительно показателей контроля (рис.1). Прирост биомассы каллусов на селективных средах был в 3-5 раз ниже в сравнении с контролем. При этом наблюдалась тесная корреляция ( $r=0,97$ ) между приростом каллусов без селективной нагрузки и в присутствии селективного фактора (15% ПЭГ). Полученные данные показали, что по степени чувствительности к присутствию ПЭГ в питательной среде изученные генотипы различались как между собой, так и в сравнении с сортами стандартами. Значение индекса роста каллуса (ИРК) варьировало от 18,18 до 39,10%.

Таблица 1

### Сравнительная оценка *in vitro* сортов и селекционных линий гороха морфотипа хамелеон по устойчивости к осмотическому стрессу

№ п/п	Образец	Относительный прирост каллуса		Индекс роста каллуса, %
		MS (контроль)	MS + 15% ПЭГ	
1	Спартак	4,51	1,42	31,49
2	Ягуар	3,15	1,02	32,38
3	Орел	7,59	2,63	34,65
4	Сибирский 1	6,36	1,73	27,20
5	ТМ-06-457	8,50	2,85	33,53
6	Яг-07-643	6,58	2,46	37,39
7	Х <sub>2</sub> -12-90	1,33	0,52	39,10
8	Амих-99-1132	2,53	0,46	18,18
9	Wisconsin-9406	8,70	2,82	32,51
10	Софья- St	3,75	0,95	25,33
11	Темп-St	8,22	2,33	28,35

Наибольшую резистентность к осмотическому стрессу продемонстрировали образцы Х<sub>2</sub>-12-90, Яг-07-643, у которых ИРК составил 39,10% и 37,39% соответственно. Наиболее чувствительной к осмотическому стрессу оказалась селекционная линия Амих-99-1132 (ИРК=18,18%). Сравнительный анализ показал, что большинство генотипов морфотипа хамелеон по относительной устойчивости к осмотическому стрессу превосходили как сорт стандарт Софья (ИРК=25,33%), так и сорт стандарт Темп (ИРК=28,35%). Также было

установлено, что несмотря на то, что сорта Софья (усатый тип листа) и Темп (обычный тип листа) значительно различались по способности к недифференцированному росту соматических тканей без селективной нагрузки, по устойчивости к водному дефициту оказались примерно на одном уровне.

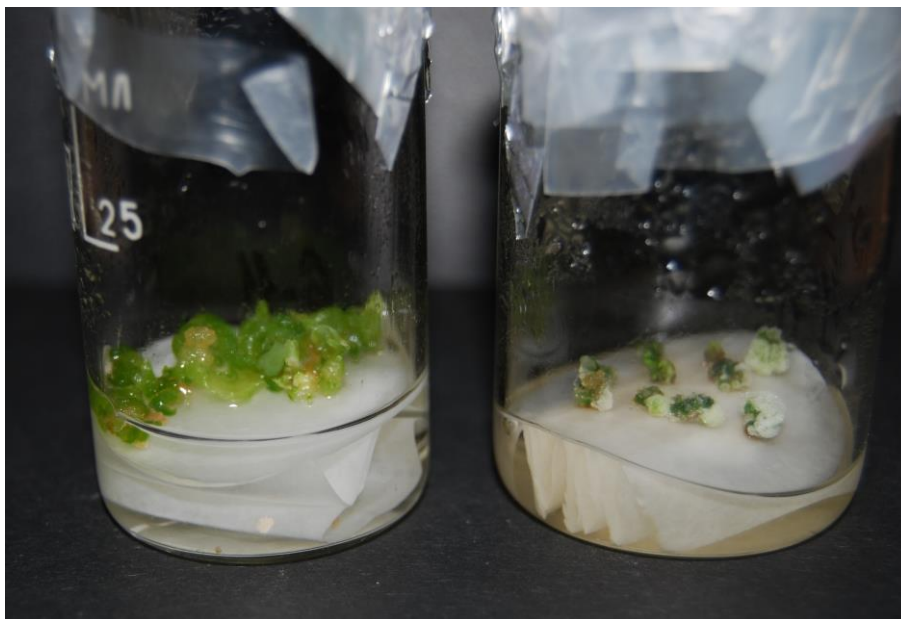


Рис. 1. Влияние осмотического стресса на рост калусных тканей сорта Орел (слева – контроль, справа – 15 % ПЭГ)

Анализ результатов показал отсутствие взаимосвязи ( $r=0,17$ ) между способностью к недифференцированному росту каллусов в контроле и устойчивостью образцов к водному дефициту в условиях *in vitro*, оцениваемому по ИРК.

Использование биотехнологий должно быть основано не только на тестировании генотипов по устойчивости к осмотическому стрессу на клеточном уровне, но важное значение также имеет и сохранение ими высокой способности к побегообразованию и получению растений-регенерантов. Сохранившиеся после клеточной селекции *in vitro* каллусы переносили на питательные среды для индукции побегообразования. Результаты показали, что каллусные клоны морфотипа хамелеон, отселектированные в условиях водного дефицита сохраняют способность к морфогенезу и индукции побегообразования (рис. 2).



Рис. 2. Регенерация побегов в культуре осмоустойчивых каллусов

Для индукции побегообразования в каллусных тканях наиболее эффективной оказалась питательная среда содержащая: минеральные соли по протоколу MS, витамины, согласно протоколу B5, мезо-инозитол – 100 мг/л, глицин – 2 мг/л, сахарозу – 30000 мг/л, агар – 6000 мг/л, БАП – 5,0 мг/л, НУК – 2,0 мг/л. Регенерация побегов из осмоустойчивых каллусов была достигнута у большинства изученных генотипов (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты формирования регенерантных побегов из осмоустойчивых каллусов гороха и эффективность ризогенеза**

№ п/п	Образец	Число			Эффективность ризогенеза, %
		Посаженных каллусов	Выживших каллусов	Регенерантных побегов	
1	Спартак	30	16	0	0
2	Ягуар	30	28	33	48,48
3	Орел	30	20	22	40,91
4	Сибирский 1	30	22	33	45,45
5	ТМ-06-457	30	21	21	0
6	ЯГ-07-643	30	23	11	0
7	X <sub>2</sub> -12-90	30	25	8	0
8	Амих-99-1132	30	15	0	0
9	Wisconsin-9406	30	25	15	0

Не удалось получить регенерантные побеги у образцов Спартак и Амих-99-1132, в связи с тем, что каллусные клоны в процессе субкультивирования на морфогенных средах погибли. Возможно, это связано с отложенным эффектом влияния селективного фактора.

Установлено, что способность к формированию регенерантных побегов определяется не только комбинацией регуляторов роста, но и в значительной степени зависит от генотипа. Максимальное (33 шт.) число побегов сформировалось у сортов Ягуар и Сибирский 1. У образцов ЯГ-07-643, X<sub>2</sub> -12-90, Wisconsin-9406 наблюдалось образование достаточно большого числа микропобегов, которые в дальнейшем не росли так и оставаясь в зачаточном состоянии. Поэтому, несмотря на большое число сохранившихся морфогенных каллусов, число хорошо сформировавшихся побегов было невысоким. В ходе эксперимента наблюдался высокий уровень витрификации побегов. Это негативно сказалось на решении вопросов ризогенеза. В общей сложности по всей группе образцов было получено 143 морфологически нормально сформировавшихся побега. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии прямой связи между способностью образцов к недифференцированному росту соматических тканей в селективных условиях *in vitro* и эффективностью регенерации побегов.

Для дорастивания образовавшихся микропобегов и нивелирования влияния высоких концентраций цитокинина использовали питательные среды, содержащие 1,0 мг/л БАП + 0,2 мг/л ИМК.

Индукцию ризогенеза у регенерантных побегов осуществляли на питательной среде *in vitro*, которая включала минеральные соли и витамины среды B5, с уменьшенной вдвое концентрацией основных компонентов и дополненная НУК 1,0 мг/л. Корнесобственные растения-регенеранты R<sub>0</sub> были получены у сортов Ягуар, Орел и Сибирский 1, эффективность ризогенеза которых составила 48,48%, 40,91% и 45,45% соответственно. Период формирования корней у регенерантных побегов составлял от 30 до 45 суток. У гороха как у двудольного растения в норме формируется стержневая корневая система. В процессе индукции ризогенеза *in vitro* у регенерантных побегов наблюдалось образование от 3 до 10 корней на побег (рис. 3 А).



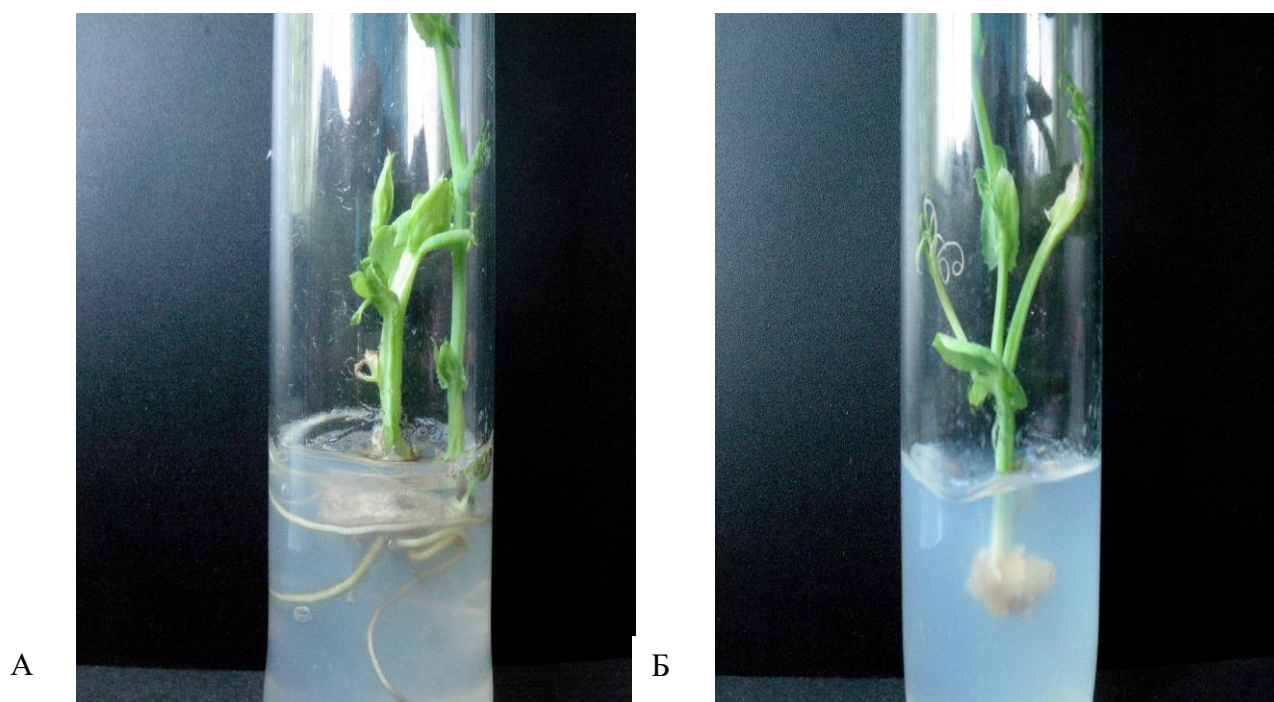


Рис. 3. Характер ризогенеза у регенерантных побегов гороха  
(А – ризогенез у регенерантных побегов, Б – разрастание базальной части побега)

Длина корней колебалась от 1 до 8 сантиметров. Корневые волоски не образовывались. Увеличение концентрации НУК выше 1,5 мг/л приводило, как правило, к разрастанию базальной части побега и образованию так называемой «пятки» (рис. 3 Б). При этом корни или не образовывались, или были тонкими, слабыми, легко обламывающимися при извлечении из среды.

Растения с образовавшимися корнями извлекали из пробирок, отмывали от питательной среды и на сутки помещали в стаканчики с водой. Затем регенерантные растения  $R_0$  высаживали в вегетационные сосуды с почвой в теплице. Однако получить семенное потомство не удалось, так как растения не прижились в условиях *in vitro*. В связи с этим необходимо проведение дополнительных исследований по изучению вопросов ризогенеза и адаптации растений-регенерантов гороха к почвенным условиям.

#### Заключение

Согласно анализу полученных результатов, можно сделать заключение о возможности дифференциации генотипов гороха морфотипа хамелеон по устойчивости к водному дефициту на клеточном уровне *in vitro* на селективных питательных средах, имитирующих засуху (15% ПЭГ). Выявлены генотипические различия по реакции на осмотический стресс. Показатель ИРК у образцов изменялся от 18,18 до 39,10%. Практически все изученные образцы гороха морфотипа хамелеон оказались более стресс-толерантными в сравнении с сортами-стандартами Софья и Темп. Показано, что каллусные клоны прошедшие отбор *in vitro* на устойчивость к осмотическому стрессу сохраняют способность к морфогенезу и регенерации побегов. Высокой интенсивностью побегообразования характеризовались сорта Ягуар и Сибирский 1. Установлено, что наиболее сложным этапом при разработке селективной системы является процесс ризогенеза у регенерантных побегов. Несмотря на достаточно большое количество регенерантных побегов получить корнесобственные растения-регенеранты  $R_0$  удалось лишь у сортов Ягуар, Орел и Сибирский 1, эффективность ризогенеза которых составила 48,48%, 40,91% и 45,45% соответственно. Результаты эксперимента показали, что по комплексу показателей: реакция каллусов на осмотический стресс, способность к регенерации побегов и индукции ризогенеза наибольшей устойчивостью к водному дефициту *in vitro* характеризовались сорта Ягуар и Орел.

### Литература

1. 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.
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. 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.
4. 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.
5. Sinjushin, A.; Semenova, E.; Vishnyakova, M. Usage of Morphological Mutations for Improvement of a Garden Pea (*Pisum sativum*): The Experience of Breeding in Russia. // *Agronomy*, 2022, 12, 544. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030544>
6. Rai M.K., Kalia R.K., Singh R., Gangola M.P., Dhawan A.K. Developing stress tolerant plants through in vitro selection –An overview of the recent progress // *Environmental and Experimental Botany*, 2011. – V.71. –P.89-98
7. Murashige N., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant*, – 1962. – V.15. – No.13. – P. 473-497.
8. Gamborg O.L., Constabel F., Shyluk I.P. Organogenesis in callus from shoot apical of *Pisum sativum* L. // *Physiologia Plantarum*, – 1974. – V.30. – P. 125-128.
9. Соболева Г.В. Регенерация растений гороха (*Pisum sativum* L.) в культуре каллусной ткани // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. – № 3 (19). – С. 27-35.
10. Соболева Г.В., Суворова Г.Н., Кондыков И.В., Зотиков В.И. Метод клеточной селекции гороха на устойчивость к абиотическим факторам среды (методические рекомендации). – М. – 2011. – 25 с.

### References

1. Ksenofontov M.Yu., Polzikov D.A. K voprosu o vliyaniy klimaticheskikh izmeneniy na razvitie sel'skogo khozyaistva Rossii v dolgosrochnoi perspektive [On the issue of the impact of climate change on the development of Russian agriculture in the long term]. *Problemy prognozirovaniya*, 2020, no.3, pp.82-92. (In Russian)
2. Amelin A.V., Chekalin E.I. Adaptivnyye sposobnosti rasteniy gorokha i ikh izmeneniya v rezul'tate selektsii [Adaptive abilities of pea plants and their changes as a result of breeding.] *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2019, no.2(30), pp. 4-14, DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11081. (In Russian)
3. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Razvitie proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii na osnove ispol'zovaniya selektsionnykh dostizheniy [Development of the production of legumes and groat crops in Russia based on the use of breeding achievements]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2020, no.4(36), pp. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198. (In Russian)
4. Zelenov A.N., Zelenov A.A. Sto let orlovskoi selektsii gorokha. Itogi i perspektivy [One Hundred Years of Oryol Pea Breeding. Results and prospects] *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2022, no.2(42), pp. 41-59. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-41-59. (In Russian)
5. Sinjushin, A.; Semenova, E.; Vishnyakova, M. Usage of Morphological Mutations for Improvement of a Garden Pea (*Pisum sativum*): The Experience of Breeding in Russia. *Agronomy*, 2022, 12, 544. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030544>
6. Rai M.K., Kalia R.K., Singh R., Gangola M.P., Dhawan A.K. Developing stress tolerant plants through in vitro selection -An overview of the recent progress. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, V.71, pp.89-98
7. Murashige N., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*, 1962, V.15, no.13, pp.473-497.
8. Gamborg O.L., Constabel F., Shyluk I.P. Organogenesis in callus from shoot apical of *Pisum sativum* L., *Physiologia Plantarum*, 1974, V.30, pp.125-128.
9. Soboleva G.V. Regeneratsiya rasteniy gorokha (*Pisum sativum* L.) v kul'ture kallusnoi tkani [Regeneration of pea plants (*Pisum sativum* L.) in callus tissue culture]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2016, no.3(19), pp.27-35. (In Russian)
10. Soboleva G.V., Suvorova G.N., Kondykov I.V., Zotikov V.I. Metod kletochnoi selektsii gorokha na ustoichivost' k abioticheskim faktoram sredy (metodicheskie rekomendatsii) [Method of cellular breeding of peas for resistance to abiotic environmental factors (guidelines)]. Moscow, 2011, 25p. (In Russian)

УДК 631.67

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ ЗЕРНОБОБОВОЙ КУЛЬТУРЫ СОИ В АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ ПОВОЛЖЬЯ НА МЕЛКОКОНТУРНЫХ УЧАСТКАХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

**В.Е. КИЖАЕВА**, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0002-5319-3112,  
E-mail: ave.61@mail.ru

**В.О. ПЕШКОВА**, кандидат биол. наук, E-mail: peshkova\_vk@mail.ru

**Д.Ю. БРЕДНЕВ**, E-mail: volzniigim@bk.ru

ФГБНУ «ВОЛЖСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ  
И МЕЛИОРАЦИИ»

*В статье рассматриваются особенности адаптации зернобобовых культур на примере сои к возделыванию в агроклиматических условиях аридной зоны Поволжья при введении в оборот мелкоконтурных орошаемых участков. Целью исследований являлась разработка ресурсосберегающей технологии возделывания зернобобовых культур при капельном орошении на мелкоконтурных участках, включающей подбор влаголюбивой зернобобовой культуры, дифференцирование режима орошения по влагозатратным фазам ее развития с назначением норм и сроков поливов, применение ресурсосберегающих приемов основной обработки почвы, анализ эффективности применения биопрепаратов, использования оросительной воды и полученной продуктивности. При выборе для опыта зернобобовой культуры приоритет отдан влаголюбивой сое. Результаты анализа проведенных исследований показывают, что применение капельного орошения сои в фенологические фазы, требующие повышенной обеспеченности влагой, при предполивном пороге влажности 70% НВ в начале вегетации, 80% в середине и 70% в конце периода, обеспечивает стабильный уровень ее продуктивности. Разработанная технология возделывания зернобобовой культуры включает подготовку участка к севу – культивация и укладка капельной ленты. Подобранные биопрепараты с концентрированным содержанием азотобактерий для обработки семян перед посевом зернобобовых культур. Установлено, что применение биопрепарата Ризоагрин 204 для обработки семян сои перед севом увеличивает образование большого количества ризобийных клубеньков на корневой системе, которые обеспечивают питание доступными формами азота весь период развития культуры. Подтверждена необходимость применения вегетационной подкормки в фазы: конец ветвления стебля и начало созревания бобов. Доказано, что внесение микроудобрений в конце ветвления способствует разрастанию боковых ветвей и как следствие формирование большего количества бобов. Возделывание зернобобовых на мелкоконтурных участках при капельном орошении способствует обеспечению стабилизации плодородия и повышению отдачи с орошаемого гектара, в том числе за счет увеличения коэффициента земельного использования. Комплекс разработанных технологических мероприятий обеспечивает урожайность зернобобовых культур до 3,98 т/га. В результате проведенных исследований полученные показатели по морфологии, биометрии, биологическому урожаю, содержанию протеина 36,14% и жира 19,87%, коэффициенту потребления оросительной воды от 908 до 1119 м<sup>3</sup>/т, подтвердили перспективность возделывания сои на мелкоконтурных участках при капельном орошении.*

**Ключевые слова:** орошаемое земледелие, зернобобовые культуры, современные технологии, капельный полив.

**Для цитирования:** Кижеева В.Е., Пешкова В.О., Бреднев Д.Ю. Продуктивность и адаптивность зернобобовой культуры сои в агроклиматических условиях аридной зоны

## PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY LEGUMS OF SOYBEAN IN AGRICLIMATIC CONDITIONS OF THE ARID ZONE OF THE VOLGA REGION IN SMALL CONTOUR AREAS OF DRIP IRRIGATION

V.E. Kizhaeva, V.O. Peshkova, D.Yu. Brednev

FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION VOLGA RESEARCH INSTITUTE OF HYDRAULIC ENGINEERING AND RECLAMATION

**Abstract:** *The article considers the peculiarities of adaptation of leguminous crops on the example of soybeans to cultivation in the agroclimatic conditions of the arid zone of the Volga region when small-scale irrigated areas are put into circulation. The purpose of the research was to develop a resource-saving technology for cultivating leguminous crops during drip irrigation in small-scale areas, which includes the selection of a moisture-loving leguminous culture, differentiation of the irrigation regime by the moisture-consuming phases of its development with the assignment of watering standards and terms, the use of resource-saving methods of basic tillage, analysis of the effectiveness of the use of biologics, the use of irrigation water and the obtained productivity. When choosing a leguminous culture for the experience, priority is given to moisture-loving soybeans. The results of the analysis of the studies show that the use of soy drip irrigation in phenological phases requiring increased moisture supply, with a pre-plentiful moisture threshold of 70% HB at the beginning of the vegetation, 80% in the middle and 70% at the end of the period, ensures a stable level of its productivity. The developed technology of cultivating leguminous culture includes preparing the site for sowing - cultivation and laying of drip tape. Biologics with concentrated content of nitrobacteria are selected for treatment of seeds before sowing leguminous crops. It has been found that the use of Risoagrin 204 biologics to treat soybean seeds before sowing increases the formation of a large number of rhizobial nodules on the root system, which provide nutrition for the available forms of nitrogen throughout the development of the culture. The need for vegetation feeding in the phases: the end of stem branching and the beginning of ripening of beans has been confirmed. It has been proven that the introduction of microfertilities at the end of branching contributes to the growth of lateral branches and, as a result, the formation of more beans. The cultivation of legumes in small-scale areas during drip irrigation helps to ensure the stabilization of fertility and increase the return from the irrigated hectare, including by increasing the coefficient of land use. The complex of developed technological measures ensures the yield of leguminous crops up to 3.98 t/ha. As a result of the studies, the obtained indicators on morphology, biometrics, biological crop, protein content 36.14% and fat 19.87%, irrigation water consumption coefficient from 908 to 1119 m<sup>3</sup>/t, confirmed the prospects for soybean cultivation in small-contour areas during drip irrigation.*

**Keywords:** irrigated agriculture, leguminous crops, modern technologies, drip irrigation.

**Введение («Introduction»).** Одной из целевых задач Государственной программы развития сельского хозяйства до 2030 года предусмотрено расширение посевов зернобобовых культур и совершенствование технологий их возделывания. В аридных условиях почвенная засуха напрямую зависит от атмосферной, которая приводит к недостаточному обеспечению водой, к угнетению и снижению либо гибели урожая влаголюбивых сельскохозяйственных культур.

Применение системы капельного орошения для полива влаголюбивых культур способствует стабильному росту и развитию агроценозов, особенно в разрыхленной почве с хорошей проницаемостью, что способствует лучшей отдаче влаги в корневую систему возделываемых растений [1].

Поволжский регион является типичным в зоне с недостаточными атмосферными осадками для обеспечения необходимого уровня увлажнения возделываемых сельскохозяйственных культур. В условиях лимита по влагообеспеченности возрастает необходимость разрабатывать ресурсосберегающие технологии производства с.-х. культур, адаптированных к климатическим условиям произрастания агроценозов. При разработке технологий необходимо обязательно базироваться на критериях экономической эффективности процесса, качества получаемой продукции, экологической и технологической безопасности производства [2].

В последние годы в связи с ростом цен на энергоносители большое внимание стали уделять вопросам экономической эффективности орошаемого земледелия, снижению энергопотребления и непроизводительных потерь оросительной воды. Одним из способов экономии воды является переход на ресурсосберегающие технологии орошения, особенно такой подход необходим при орошении мелкоконтурных участков (Ольгаренко Г.В. и др., 2010).

Перед учеными, работающими в области мелиорации, встала проблема по решению задачи разработки технологических приемов, обеспечивающих орошение, которые пришли к выводу о целесообразности применения капельного орошения с подачей воды из источника по полиэтиленовым трубопроводам и капельниц к растению, целенаправленно обеспечивая оптимальное увлажнение только корневой системы. Это дает возможность обеспечивать влажность почвы без потерь на фильтрацию и испарение [3, 4].

Недостаточная изученность и отсутствие конкретных режимов орошения для каждой сельскохозяйственной культуры сдерживает перспективы внедрения системы капельного полива в орошаемом земледелии в настоящее время. В Поволжье, в основном в Астраханской, Волгоградской, Саратовской областях, в засушливые годы величина недостатка влагообеспеченности возрастает до 100% [5, 6].

Одними из стратегических культур в настоящее время являются зернобобовые, так как это источник растительного белка для производства пищевых продуктов, корма для КРС и др. Семена зернобобовых культур, при соблюдении требований к условиям хранения, до 10 лет сохраняют посевные качества.

В условиях формирования водного режима почвы при капельном орошении необходимо установить закономерности роста и развития зернобобовых культур, протекания физиологических процессов и формирования урожайности посевов, оценить эффективность применения агроприемов при возделывании этих культур [7-12].

Для решения задачи введения мелкоконтурных участков в с.-х. производство на территории Поволжья, где отмечается дефицит атмосферных осадков на 80% сельскохозяйственной площади, были проведены исследования и заложен опыт на экспериментальном участке с капельным орошением в Астраханской области. Орошаемые земли здесь занимают 50% пашни с затратами на 30% выше среднероссийских показателей.

Ежегодно совершенствуются технологии в аграрном секторе: капельное орошение, автоматизированные системы уборки сельскохозяйственной продукции, поливная техника, энергосберегающие технологии, высокотехнологичные комплексы в разных сегментах отрасли [13, 14].

В Астраханской области на протяжении ряда лет проводятся исследования по введению в сельскохозяйственное использование участков, имеющих сложную конфигурацию, под капельное орошение с адаптацией возделывания на них зернобобовой культуры сои.

**Цель работы** – проведение исследований и разработка ресурсосберегающей технологии возделывания зернобобовых культур на мелко контурных участках при капельном орошении в агроценозах аридной зоны Поволжского региона.

Задачи исследований включали: подбор влаголюбивой зернобобовой культуры; дифференцирование поливов по влагозатратным фазам развития культуры; ресурсосберегающие приемы обработки почвы; анализ эффективности применения

биопрепаратов.

### **Объекты и методы исследования**

**Объект исследования** – технология возделывания влаголюбивой зернобобовой культуры – сои сортов Бара, Марина, Соер 7 при капельном орошении на мелко контурных участках в аридной зоне Поволжья.

Под мелко контурными участками следует понимать участки почвы площадью менее 10 га, имеющих статус мелиоративных земель сельскохозяйственного назначения, характерной особенностью которых является либо сложный рельеф, где технически проблемно установить стационарные дождевальные машины, либо это могут быть угловые участки поля, не захватываемые при осуществлении полива дождеванием с помощью круговых широкозахватных дождевальных машин. В этих случаях целесообразно использовать систему капельного орошения.

На опытном участке в сухостепной зоне Поволжья Астраханской области в 2020-2022 годах проводились исследования по возделыванию сои на мелко контурных участках при капельном орошении, которые будут продолжены в 2023 году в Саратовской и других областях Поволжья. Каждый вегетационный период монтировалась система капельного полива со счетчиками-водомерами, позволяющими регистрировать показатели объема поливной воды. Расход воды каждой капельницей диаметром 1 мм – 2 л/ч. Расстояние между капельницами – 0,5 м. Площадь экспериментального участка – 1700 м<sup>2</sup> (длина участка 40,8 м, ширина – 41,8 м). Площадь опытной делянки – 24,0 м<sup>2</sup> (20,0 м x 1,2 м) с междурядьем 0,3 м. Защитные полосы – 0,6 м.

При подготовке экспериментального участка к посеву сои проведено двукратное лущение стерни после зерновых культур, затем глубокая вспашка на 25-27 см. При наступлении физической спелости почвы провели предпосевную обработку, выровняли почву шлейф боронами на глубину 4-5 см. Характеристику почвенного плодородия на содержание N, P, K проводили в слое почвы 0 – 30 см, средний образец брали из десяти смешанных почвенных проб в 3-х кратной повторности.

При проведении исследований высевали влаголюбивую зернобобовую культуру сою перспективных сортов: Бара – ультраскороспелый, оригинатор сорта ООО Компания «Соевый комплекс» (Краснодарский край), Марина – скороспелый, оригинатор сорта ООО ОВП «Покровское» (Саратовская область), Соер 7 – раннеспелый, оригинатор сорта ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Саратовская область). Перед посевом семена сои обработаны биопрепаратом Ризоагрин 204 с концентрированными азотофиксирующими бактериями на основе гамма-стерильного торфа. Инокуляцию провели из расчета 300 г на 10 л воды для обработки 1 т семян. Посев сои провели ленточным способом сдвоенными рядами с междурядьем 7,5 см и 30 см.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом по ГОСТ 28268-89 (Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений), периодичность наблюдения – каждые 10 дней в период вегетации сои. Глубина взятия образцов для послойного (10 см) определения влажности составляла до 1 м постоянно (Доспехов Б.А., 2010).

При возделывании сои принят режим орошения, дифференцированный по глубине увлажнения и предполивному порогу влажности по схеме в начале 70% НВ, в середине – 80% НВ, в конце вегетации – 70% НВ. Нормы капельного орошения рассчитывали по методике РД-АПК 1.10.09.01-14 Приложение К (Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Методические рекомендации по технологическому проектированию) с учетом количества капельниц на 1 га и расхода 1 капельницы в литрах по часам.

Фенологические наблюдения на посевах сои проводились в фазы вегетации: полные всходы, ветвление, бутонизация, цветение, формирование бобов и полная спелость семян. Густота стояния растений (в млн. шт./га) определялась при появлении полных всходов путем подсчета 10 учетных делянок площадью по 0,5 м<sup>2</sup> в 3-кратной повторности. Измерение

высоты растений сои проводилось в основные фазы роста и развития растений, цветение и полная спелость. Для подсчета биологической урожайности сои, зерно приведено к стандартной влажности 14% и чистоте 100%. Структуру урожая сои проанализировали по пяти пробным снопам с 1 м<sup>2</sup> каждой учетной делянки, определили высоту растений, высоту прикрепления бобов нижнего яруса, количество боковых ветвей, количество семян в одном бобе, вес одного растения и зерна с одного растения.

Протеин в зерне сои определяли согласно действующему ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье) с учетом методов (Методы определения содержания азота и сырого протеина). Содержания жира в зерне сои по ГОСТ13496.15-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира» (ИУС 6-2004) в лаборатории агрохимического анализа «ВолжНИИГиМ».

Обработка полученных опытных данных проведена в программе электронных таблиц Ms Excel XP.

### Результаты и их обсуждение

Применительно к почвенно-климатическим условиям Астраханской области разработан ряд агротехнологических приемов возделывания зернобобовых культур на примере сои с учетом введения в сельскохозяйственный оборот мелкоконтурных участков со сложной топографией. Данная технология обусловлена тем, что при использовании круговых широкозахватных дождевальными машин обеспечивается полив только 70% поля, при этом остаются не политыми угловые участки. Применение капельного орошения позволяет ввести в сельскохозяйственное использование дополнительно 30% сельхозугодий.

Микроклиматические условия произрастания отличались умеренно повышенным температурным режимом и недостаточным количеством осадков в начале периода вегетации сортов сои, в фазы всходов и появления 3-его и 5-го листа. Фенологические фазы и метеорологические условия произрастания сои по сортам в период роста и развития культуры, типичного для Астраханского региона, представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Фенология и метеорологические условия периода вегетации сортов сои

Межфазовый период / сорта	Календарные сроки (интервалы дат)	Продолжительность, дни	Метеорологические условия периода вегетации			
			сумма t° воздуха, >° С	влажность воздуха, %	дефицит влажности, мб	сумма осадков, мм
<b>Посев – всходы</b>						
Бара	21.05 – 25.05	5	103,1	61,2	9,9	0,0
Марина	21.05 – 26.05	6	126,6	59,3	10,7	0,0
Соер 7	21.05 – 27.05	7	151,1	61,4	10,3	0,1
<b>Всходы – ветвление</b>						
Бара	26.05 – 15.06	21	470,6	60,1	12,0	15,1
Марина	27.05 – 13.06	18	398,1	71,1	8,2	15,1
Соер 7	28.05 – 12.06	16	353,2	70,8	8,3	14,9
<b>Ветвление – бутонизация</b>						
Бара	16.06 – 28.06	13	357,8	60,8	14,6	36,8
Марина	14.06 – 24.06	11	295,8	56,8	15,4	2,8
Соер 7	13.06 – 25.06	13	342,8	59,3	14,3	10,4
<b>Бутонизация – цветение</b>						
Бара	29.06 – 13.07	15	341,3	77,0	6,0	48,1
Марина	25.06 – 08.07	14	343,4	67,4	10,1	68,4
Соер 7	26.06 – 10.07	15	368,1	69,3	10,7	60,8
<b>Цветение – образование бобов</b>						
Бара	14.07 – 28.08	15	320,7	74,5	6,7	29,3
Марина	09.07 – 30.07	22	479,6	73,5	8,5	43,0
Соер7	11.07 – 25.07	15	305,6	76,6	5,7	43,0

Продолжение табл. 1

Продолжение табл. 1						
Образование бобов – налив						
Бара	29.08 – 15.08	18	419,7	70,8	8,6	1,9
Марина	31.07 – 15.08	16	369,7	70,8	8,5	1,9
Соер 7	26.07 – 09.08	15	347,0	71,6	8,2	2,0
Налив – созревание						
Бара	16.08 – 09.09	25	440,3	74,0	5,5	21,1
Марина	16.08 – 15.09	31	522,0	74,4	5,2	22,5
Соер 7	10.08 – 31.08	22	427,9	70,7	7,0	11,1
Весь период вегетации						
Бара	21.05 – 09.09	112	2453,4	68,3	9,0	152,3
Марина	21.05 – 15.09	118	2535,2	67,6	9,5	153,7
Соер 7	21.05 – 31.08	103	2295,7	68,5	9,2	142,3

Все исследуемые сорта сои Бара – ультраскороспелый, Марина – скороспелый, Соер 7 – раннеспелый, однако, в условиях Поволжского региона в годы исследования проявили себя как среднеспелые сорта, так как периоды их вегетации были более 90 дней. Период вегетации сои сорта Бара достиг 112 дней, Марина – 118 дней, Соер 7 – 103 дня.

Своевременная и качественная обработка почвы – важнейший элемент технологии возделывания сои. Обработка почвы перед посевом сои каждый год осуществлялась следующим образом:

– при дружной, теплой весне 2020-2021 годов провели две культивации: первая – на 10-12 см и вторая на глубину заделки семян – 3-6 см.

– при затяжной и холодной весне 2022 года и уплотнении почвы первую культивацию проводили на глубину 6-8 см, вторую, когда почва подсохла на 10-12 см, третью – на глубину заделки семян 5-6 см.

Для предотвращения перемещения сухого и влажного слоев почвы использовали культиваторы с плоскорезными рабочими органами в сцепке с боронами и шлейфами или боронами с приваренными сегментами.

Во время предпосевной обработки почвы до посева сои внесли почвенный гербицид Дуал Голд в количестве 2 л/га для борьбы с многолетними и однолетними сорными растениями. Основная обработка почвы проводилась двукратным лушением стерни после зерновых культур с последующей глубокой отвальной вспашкой на 25-27 см.

По результатам наблюдений, на полях, свободных от многолетних сорняков, рекомендуется безотвальная вспашка или поверхностная, плоскорезная обработка почвы.

Проведенный анализ почвы на плодородие, показал достаточное содержание N-NO<sub>3</sub> – 2,24 мг/100 г почвы; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 5,11 мг/100 г почвы; K<sub>2</sub>O – 26,60 мг/100 г почвы; дополнительного внесения минеральных удобрений на посевах экспериментального участка не потребовалось. Проводили 3 междурядные обработки посевов, основная задача в борьбе с сорняками отводилась боронованию до всходов.

Биометрические параметры показателей всхожести, густоты и высоты сои представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Биометрические показатели всхожести сои, густоты и высоты сои в агроценозе, в среднем за 2020-2022 гг.**

Название сорта	Полевая всхожесть, %	Густота травостоя при норме высева 0,6 млн. шт./га	Высота растений в фазу цветения, см	Высота растений в фазу полной спелости, см
Бара	94	0,567	106	108
Марина	96	0,573	76	84
Соер 7	98	0,587	101	105
НСР <sub>05</sub>	0,2	0,8	0,6	0,8



Поливы при возделывании сои назначались в зависимости от продуктивного запаса влаги в почве. В течение вегетационного периода роста сои, с учетом предполивных порогов влажности 70-80-70% НВ, дифференцировали режим полива, повышая уровень увлажнения в период начало цветения – образование бобов.

Важной особенностью адаптации ресурсосберегающей технологии к возделыванию сои является дифференцированный режим орошения. За период вегетации сои в засушливый год при  $ГТК \leq 1$ , было проведено 11 вегетационных поливов оросительной нормой от 50 м<sup>3</sup>/га до 150,0 м<sup>3</sup>/га. Оросительная норма при этом составила 1250,0 м<sup>3</sup>/га, суммарное водопотребление – 3459,0 м<sup>3</sup>/га. Данные по режиму капельного орошения представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Сроки и поливные нормы на посевах сои при оптимальном режиме капельного орошения 70-80-70% от НВ**

Показатели	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Уровень показателя влажности почвы	Предполивная влажность почвы в расчетном слое 0,5 м, % НВ												
			Май			Июнь			Июль			Август			
			декады												
			І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	
Влагозарядковый полив	100	рекомендуемый	70												
		фактический	62												
Вегетационный полив 1	50	рекомендуемый		70											
		фактический		72											
Вегетационный полив 2	120	рекомендуемый			80										
		фактический			70										
Вегетационный полив 3	125	рекомендуемый				80									
		фактический				70									
Вегетационный полив 4	125	рекомендуемый					80								
		фактический					70								
Вегетационный полив 5	125	рекомендуемый						80							
		фактический						65							
Вегетационный полив 6	150	рекомендуемый							80						
		фактический							60						
Вегетационный полив 7	150	рекомендуемый								80					
		фактический								62					
Вегетационный полив 8	125	рекомендуемый									80				
		фактический									65				
Вегетационный полив 9	80	рекомендуемый										70			
		фактический										68			
Вегетационный полив 10	50	рекомендуемый											70		
		фактический											70		
Вегетационный полив 11	50	рекомендуемый												70	
		фактический												70	
Оросительная норма всего, м <sup>3</sup> /га	1250	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Обеспеченность влагой посевов сои формировалась за счет поливов и атмосферных осадков в течение вегетационного периода. Почвенная влага, оставшаяся после зимы и выпавшие в мае осадки, обеспечили умеренный уровень увлажнения почвы в период посева и всходов сои. Влажность почвы в пахотном и подпахотном слое составила 80-75% НВ. Запасы влаги в метровом слое варьировали в пределах 70% НВ.

Применение капельного орошения характеризовалось минимальными потерями воды, что особенно важно для условий Астраханской области с ограниченными водными ресурсами. Суммарное водопотребление, оросительная норма, и коэффициенты, характеризующие водопотребление и использование оросительной воды по сортам сои представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Суммарное водопотребление и использование оросительной воды на планируемый урожай сои по сортам, в среднем за 2020-2022 гг.**

Сорт сои	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Биологическая урожайность, т/га	Среднесуточное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициенты	
					водопотребления, м <sup>3</sup> /т	использования оросительной воды, кг/м <sup>3</sup>
Бара	3459	1250	3,81	29,6	908	3,0
<i>HCP<sub>05</sub></i>			0,3			
Марина	3459	1250	3,93	34,6	880	3,1
<i>HCP<sub>05</sub></i>			0,5			
Соер7	3459	1250	3,09	24,9	1119	2,5
<i>HCP<sub>05</sub></i>			0,4			

Умеренно благоприятные условия, увлажнение почвы способствовали получению всходов сои, с энергией прорастания до 70% и всхожестью до 99%.

Уровень увлажнения почвы обеспечил водоснабжение растений в период формирования 1-5 листьев за счет почвенных влагозапасов и атмосферных осадков. В фазу созревания семян, поливы прекращали и в фазу полная спелость начинали убирать урожай по мере созревания сортов сои.

Наибольшая потребность сои в элементах питания по фазам следующая: в фосфоре – всходы – появление 3-го листа, цветение – налив зерна; в азоте – ветвление – налив зерна; в калии – ветвление и налив зерна. В результате исследований выявлено, что до 50-70% общего потребления азота соя восполняет за счет биологической фиксации его из атмосферного воздуха посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями.

При возделывании сои разработан прием внесения микроудобрений с поливной водой при капельном способе полива. В подкормку включен ряд микроудобрений: кобальт (Co) при обработке семян перед севом, молибден (Mo), так как молибден в рабочем растворе для обработки семян обладают антибактериальным эффектом, магний (Mg) вносили в фазу ветвления, микроэлемент способствует эффективному аккумулярованию питательных веществ растением, при дефиците нарушается белковый обмен при метаболизме, бор (B) вносился в фазу цветения для улучшения образования бобов. Марганец (Mn) вносился вместе с поливной водой в период бобообразования, который способствует усвоению нитратного азота. Кремний (Si) вносился в полном объеме в верхний слой почвы 0-0,8 м при ранневесеннем рыхлении, это микроудобрение способствует росту и развитию растений, а также внесли макроудобрение – нитроаммофоску. Серу вносили с поливной водой при подкормке в период развития растений сразу после сева. Микроэлемент необходим сое для производства белка, синтеза масел, а недостаток серы отрицательно сказывается на количестве и качестве урожая. Микроэлементы Si, Mo, B, Co, Mn, Mg вносили вместе с

водой по системе капельного орошения рабочим раствором 125-200 л/га. Структура урожая сои в зависимости от проведенных подкормок представлена в таблице 5.

Таблица 5

**Структура урожая сортов сои в зависимости от проведенных подкормок микроэлементами в течение вегетации, 2022 г.**

Показатели		Варианты опыта по сортам сои					
		без подкормки			подкормка микроудобрениями		
		Бара	Марина	Соер 7	Бара	Марина	Соер 7
Урожай, т/га		2,78	2,92	2,08	3,81	3,93	3,11
Масса 1 растения		21,97	34,23	22,45	41,67	59,70	31,53
Высота, см	растения	90,33	106,11	88,22	125,67	117,78	88,78
	прикрепл. бобов	13,44	19,44	15,33	12,00	10,33	13,56
Количество узлов, шт.	гл. стеб.	11,56	11,11	11,11	14,89	16,11	13,67
	бок. ветви	3,67	4,33	7,56	5,78	17,44	9,78
	всего	15,23	15,44	18,67	20,67	33,55	23,45
Количество боковых ветвей, шт.		1,00	1,44	3,00	1,33	2,78	1,89
Количество бобов, шт.	гл. стеб	29,67	39,78	22,78	42,22	35,89	26,00
	бок. ветви	5,78	9,22	13,11	10,44	34,11	13,56
	всего	35,45	49,00	35,89	52,66	70,00	39,56
Количество семян на 1 растении, шт.		76,67	118,11	64,78	143,56	192,11	87,33
Количество зерен в бобе, шт.		2,16	2,44	1,83	2,74	2,75	2,19
Вес 1000 зерен, г		112,1	119,3	106,7	125,8	150,8	155,6

При применении подкормок микроудобрениями в течение вегетации наблюдалось увеличение главного стебля и разрастание боковых ветвей, что способствовало формированию большего количества бобов. Так, у сорта Бара общее количество бобов одного растения на варианте без подкормки – 35,45 шт., с внесением микроудобрений – 52,66 шт., у сорта Марина 49 и 70 шт. соответственно, небольшое увеличение выявлено у сорта Соер-7 – на 3,67 шт.

Таким образом, проведенные подкормки микроудобрениями обеспечили увеличение урожая семян у сорта Бара на 1,03 т/га, у сорта Марина на 1,01 т/га и Соер 7 на 1,03 т/га в сравнении с урожаем семян без подкормки.

Сою на зерно убирают комбайнированием в период, когда не менее 90% бобов достигают полной спелости, с влажностью 14%. Послеуборочную обработку семян проводят на машинах первичной очистки ОВП – 20А.

Важной особенностью адаптации технологии к возделыванию сои является обработка семян перед севом биопрепаратом Ризоагрин 204, что способствует разрастанию мощной корневой системы, образующей симбиоз с азотфиксирующими бактериями. Применение инкрустации семян биопрепаратом перед посевом стимулирует продуктивность в течение вегетации всех сортов сои. В результате синтеза в ризобииальном комплексе доступных форм азота для питания сои в течении всего периода вегетации увеличивается содержание белка в зерне. В таблице 6 представлены результаты по содержанию протеина и жира после применения биопрепаратов с концентрированным содержанием азотобактерий.

Таблица 6

**Содержание белка и жира в зерне сои, %**

Показатели	Сорт сои		
	Бара	Марина	Соер 7
Содержание белка, %			
Вариант 1 – без обработки биопрепаратом	32,34	31,25	27,57
Вариант 2 – с обработкой концентрированным биопрепаратом с азотобактериями	46,14	34,02	32,16
Содержание жира, %			
Вариант 1 – без обработки биопрепаратом	16,53	16,72	17,15
Вариант 2 – с обработкой концентрированным биопрепаратом с азотобактериями	18,03	19,87	18,93

Выявлено увеличение содержание белка у сорта Бара на 29,91%, Марина – 8,14%, Соер 7 до 14,27% и жира сорт Бара на 8,32%, Марина – 15,85%, Соер 7 – 9,40%, что характеризует полученное зерно сои как улучшенное по качественному составу. Установлена, зависимость между содержанием белка и жира в зерне. Больше содержание белка в зерне предопределяет меньшее содержание жира. Результаты показывают, что применение азотосодержащего биопрепарата способствует увеличению белка в семенах сои в среднем на 23,2%, жира – на 12,7%.

**Заключение**

В результате проведенных исследований, по технологии возделывания зернобобовых культур в аридной зоне Поволжья, на примере сои, следует отметить, что применение капельного орошения для этой культуры на мелко контурных участках и участках со сложной топографией является одним из путей, призванным решать проблему жесткого дефицита почвенной влаги и эффективности использования орошаемого гектара.

Перспективные сорта сои Бара, Марина, Соер 7 при капельном орошении на мелкоконтурных участках в условиях аридной зоны Поволжского региона обеспечили урожайность 3,11-3,93 тонн с 1 гектара. На основе полученных данных по обработке семян перед посевом биопрепаратом Ризоагрин 204, содержащим концентрированные азотобактерии, функционирование которых в симбиозе с корневой системой способствовало продуктивности растений в течение всего вегетационного периода.

Применение разработанных агромелиоративных приемов способствует сокращению расходов воды на орошение, экономии минеральных удобрений и повышению урожайности сои, решается проблема рационального использования пахотных угодий за счет дополнительного введения в сельскохозяйственный оборот мелкоконтурных участков.

**Литература**

1. Шуравилин А.В., Крупнов В.А., Бородычев В.В. [и др.] Эффективность гребневой технологии возделывания сельскохозяйственных культур при капельном орошении // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. – 2010. – № 4. – С. 43-48.
2. Ольгаренко Г.В. Основные направления разработки отечественных технических средств микроорошения для мелкоконтурных участков // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. № 5. – С. 82-85.
3. Акматова С.Ж. Преимущества и недостатки применения технологии капельного орошения в Кыргызстане // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2016. – № 4(40). – С. 67-70.
4. Лытов М.Н. Агробиологические преимущества капельного орошения сои в связи со специализацией производства // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 1 (77). – С. 66-74.
5. Шадских В.А., Кижяева В.Е. Комплексная оценка эффективности агротехнических мероприятий в типовом севообороте при орошении в Поволжье // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12. № 2. – С. 20-33. DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33.
6. Кижяева В.Е., Пешкова В.О. Оптимизация почвенных влагозапасов при возделывании зернобобовых культур в сухостепной зоне Поволжья // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8. № 2. DOI: 10.55186/2413046X-2023-8-2-62.
7. Балакай Г.Т., Селицкий С.А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем

- мелиорации. – 2019. – № 3 (35). – С.80-97. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97.
8. Бондаренко А.Н. Водопотребление фасоли обыкновенной в зависимости от агротехнологических приемов возделывания в условиях Астраханской области // Вестник Марийского ГУ серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2018. – Т. 4. № 3. – С.10-14. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-9-15.
9. Штанько А. С., Шкура В. Н. Определение поливной нормы для формирования первичного локального контура капельно-увлажненной почвы // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 19-38. DOI 10.31774/2712-9357-2023-13-1-19-38.
- 10.Толоконников В.В., Канцер Г.П., Плющева Н.М., Кошкарлова Т.С. Новый способ первичного семеноводства сои в условиях орошения // Орошаемое земледелие. – 2018. – № 1. – С. 23-24.
- 11.Храбров М.Ю., Губин В.К., Колесова Н.Г. Определение технологических параметров систем капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1 (61). – С. 132-135.
- 12.Боровой Е.П., Белик О.А., Бородычев В.В., Лытов М.Н. Функционирование соевого симбиоза при капельном орошении на тяжелосуглинистых почвах // Плодородие. – 2009. – № 2 (47). – С. 33-34.
- 13.Korsak V., Pronko N., Karpova O., Shadskikh V., Kizhaeva V. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river // *Advances in Dynamical Systems and Applications*. ISSN 0973-5321, Volume 16, Number 1, (2021). – pp. 121-132.
- 14.Саниев Р.Н., Васин В.Г., Кузнецова Е.С. Показатели формирования агрофитоценоза сои при применении стимулирующих препаратов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 4 (44). – С. 84-89. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-84-89.

#### References

1. Shuravilin A.V., Krupnov V.A., Borodychev V.V. [et al.] Efficiency of comb technology of crop cultivation during drip irrigation. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov*. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo, 2010, no.4, pp.43-48. (in Russian)
2. Ol'garenko G.V. [Main directions of development of domestic technical means of micro-dusting for small-scale areas. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, volume 30. No.5, pp.82-85. (in Russian)
3. Akmatova S.Zh. Preimushchestva i nedostatki primeneniya tekhnologii kapel'nogo orosheniya v Kyrgyzstane [Advantages and disadvantages of drip irrigation technology in Kyrgyzstan]. *Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina*, 2016, no.4(40), pp.67-70.
4. Lytov M.N. Agrobiological advantages of soy drip irrigation due to specialization of production. *Puti povysheniya ehffektivnosti oroshaemogo zemledeliya*, 2020, no.1(77), p.66-74. (in Russian)
5. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E. Comprehensive assessment of the effectiveness of agrotechnical measures in typical crop rotation during irrigation in the Volga region. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, 2022, volume 12, no.2, pp.20-33. DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33. (in Russian)
6. Kizhaeva V.E., Peshkova V.O. Optimization of soil moisture reserves during cultivation of leguminous crops in the dry-steppe zone of the Volga region. *Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal*, 2023, volume 8, no.2. DOI: 10.55186/2413046X\_2023\_8\_2\_62. (in Russian)
7. Balakai G.T., Selitskii S.A. Yield of soybean varieties during watering by sprinkling and drip irrigation systems in the conditions of the Rostov region. *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII Problem Melioratsii*, 2019, no. 3(35), pp.80-97. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97. (in Russian)
8. Bondarenko A.N. Water consumption of ordinary beans depending on agricultural technological methods of cultivation in the conditions of the Astrakhan region. *Vestnik Mariiskogo GU seriya «Sel'skokhozyaistvennyye nauki. Ehkonomicheskie nauki»*, 2018, volume 4, no.3, pp.10-14. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-9-15. (in Russian)
9. Shtan'ko A. S., Shkura V. N. Opredelenie polivnoi normy dlya formirovaniya pervichnogo lokal'nogo kontura kapel'no-uvlazhnennoi pochvy [Determination of irrigation norm for formation of primary local circuit of drip-moistened soil]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, 2023, 13, no.1, pp.19-38. DOI 10.31774/2712-9357-2023-13-1-19-38. (in Russian)
- 10.Tolokonnikov V.V., Kantser G.P., Plyushcheva N.M., Koshkarova T.S. Novyi sposob pervichnogo semenovodstva soi v usloviyakh orosheniya [New method of primary soybean seed production under irrigation conditions]. *Oroshaemoe zemledelie*, 2018, no.1, pp. 23-24. (in Russian)
- 11.Khrabrov M.YU., Gubin V.K., Kolesova N.G. Opredelenie tekhnologicheskikh parametrov sistem kapel'nogo orosheniya [Determination of process parameters of drip sprinkling systems]. *Puti povysheniya ehffektivnosti oroshaemogo zemledeliya*, 2016, no.1(61), pp.132-135. (in Russian)
- 12.Borovoi E.P., Belik O.A., Borodychev V.V., Lytov M.N. Funktsionirovanie soevogo sembioza pri kapel'nom oroshenii na tyazhelosuglinistykh pochvakh [Functioning of soy symbiosis during drip irrigation on heavy-coal soils]. *Plodorodie*, 2009, no.2(47), pp.33-34. (in Russian)
- 13.Korsak V., Pronko N., Karpova O., Shadskikh V., Kizhaeva V. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river. *Advances in Dynamical Systems and Applications*. ISSN 0973-5321, Volume 16, Number 1, 2021, pp. 121-132.
- 14.Saniev R.N., Vasin V.G., Kuznetsova E.S. Pokazateli formirovaniya agrofitotsenoza soi pri primenenii stimuliruyushchikh preparatov [Indicators of the formation of soy agrophytocenosis with the use of stimulating drugs]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no.4(44), pp. 84-89. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-84-89. (in Russian)

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ СОИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

**Г.А. КИПШАКБАЕВА**, к.с.х.н., ассоциированный профессор,  
ORCIDID 0000-0002-2830-7173

**С.В. ГОНЧАРОВ\***, д.с.х.н., профессор, ORCIDID 0000-0002-1084-9521

**З.Т. ТЛЕУЛИНА**, магистр сельскохозяйственных наук, докторант,  
ORCIDID 0000-0003-0410-2031

НАО «КАЗАХСКИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ С. СЕЙФУЛЛИНА, КАЗАХСТАН, АСТАНА  
\*ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕТРА I, ВОРОНЕЖ

*Острый дефицит растительного белка – одна из главных проблем современности, затрагивающая как здоровье людей, так и развитие животноводства. Эту проблему предстоит решить за счет расширения производства белковых культур, и в особенности, сои *Glycine max (L.) Merr.**

*В условиях севера Казахстана допущено к использованию 16 сортов сои. Из них к ультраранней группе спелости относятся – 5 сортов, к раннеспелой группе – 6 сортов и среднераннеспелой – 2 сорта. В условиях Северного Казахстана пригодны сорта сои с коротким вегетационным периодом развития (сорта ранних групп). Допущенные к использованию сорта сои относятся к сортам инорайонной селекции. Отсутствие налаженного селекционного процесса и отечественных сортов сои объясняется высокими требованиями культуры при возделывании, это соответственно, условия температурного фона и увлажнения в основные фазы развития культуры, длинный световой день и т.д. Отсутствие сортов сои, адаптированных к условиям Северного Казахстана является основным препятствием для увеличения посевных площадей культуры. Поэтому приоритетом селекционных программ должно быть выведение сортов сои, сочетающих скороспелость, приемлемую урожайность и качество товарной продукции.*

*В результате исследований проведена комплексная оценка сортов сои различного происхождения по хозяйственно-ценным признакам и урожайности. Установлены корреляционные связи урожайности с элементами структуры продуктивности и показателями качества семян. Выявлены корреляционные связи, влияющие на формирование высокой урожайности в конкретных условиях. Для включения в селекционный процесс в качестве исходного материала рекомендованы сорта *Heihe 33 (Китай), Heihe 35 (Китай), Heihe 44 (Китай), Weidou 26 (Китай), Ивушка (Казахстан) и Золотистая (Россия)*, характеризующиеся сравнительно высокой урожайностью, коротким вегетационным периодом развития и качеством зерна. Для оценки качества жира использован  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  ЯМР метод, по результатам скрининга выявлен сорт *Светлячек (Казахстан)* характеризующийся интенсивностью сигналов. Данный сорт так же рекомендуется для включения в селекционный процесс на улучшение качества продукции.*

**Ключевые слова:** соя; сорт; исходный материал; урожайность; вегетационный период.

**Для цитирования:** Кипшакбаева Г.А., Гончаров С.В., Тлеулина З.Т. Перспективные направления селекции сои в условиях Северного Казахстана. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):46-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-46-58

## PROMISING DIRECTIONS OF SOYBEAN BREEDING IN THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

G.A. Kipshakbayeva, S.V. Goncharov\*, Z.T. Tleulina

NAO «S.SEIFULLIN KAZAKH AGROTECHNICAL RESEARCH UNIVERSITY», ASTANA, KAZAKHSTAN

\*FSBEI HE «EMPEROR PETER THE GREAT VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY», VORONEZH

**Abstract:** *Acute deficiency of vegetable protein is one of the main problems of our time, affecting both human health and the development of animal husbandry. This problem has to be solved by expanding the production of protein crops, and especially soy *Glycine max* (L.) Merr.*

*In the conditions of the north of Kazakhstan, 16 varieties of soybeans have been approved for use. Of these, 5 varieties belong to the ultra-early ripeness group, 6 varieties belong to the early-ripening group and 2 varieties belong to the medium-ripeness group. Soybean varieties with a short growing season of development (varieties of early groups) are suitable. Soybean varieties approved for use belong to varieties of non-district selection. The absence of an established breeding process and domestic soybean varieties is explained by the high requirements of culture during cultivation, this is appropriate for the conditions of the temperature background and enjoyment in the main phases of culture development, etc. The lack of soybean varieties adapted to the conditions of Northern Kazakhstan is the main obstacle to increasing the acreage of the crop. Therefore, the priority of breeding programs should be the breeding of soybean varieties that combine early maturity, acceptable yield and the quality of marketable products.*

*As a result of the research, a comprehensive assessment of soybean varieties of various origins was carried out according to economically valuable characteristics and yield. Correlations of productivity with elements of the productivity structure and seed quality indicators have been established. Correlations affecting the formation of high yields in specific conditions have been identified. The varieties Heihe 33, Heihe 35, Heihe 44, Beidou 26, Ivushka and Zolotistaia, characterized by a relatively high yield, a short growing period of development and grain quality, are recommended for inclusion in the breeding process as a starting material in the breeding process. To assess the quality of fat, the  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR method was used, according to the results of screening, a Svetlyachek variety was identified characterized by the intensity of the studied signals. This variety is also recommended for inclusion in the breeding process to improve the quality of products.*

**Keywords:** soybean; variety; source material; yield; growing season.

### Введение

К 2050 году человечество будет нуждаться в более, чем 260 млн.т белка в год. Население развитых стран потребность в протеине на 70% удовлетворяет белками животного происхождения и лишь на 30% – растительными. Но это соотношение быстро меняется в пользу растительного сырья. По экспертной оценке спрос на растительный белок может увеличиться до 97 млн. т стоимостью 290 млрд. долларов к 2035 г. [1].

Соя – главная белковая культура (при том, что относится к группе масличных) с широким диапазоном использования в пищевой, кормовой, технической и медицинской индустрии [2, 3]. В семенах сои местной селекции содержится 39-40% белка и 19-23% жира (Абугалиева А.И., 2016). По многочисленным исследованиям (Сингх Г., 2014), Иваненко А.С., 2018), темпы выращивания белковых культур высоки, так как ни один сбалансированный корм невозможен без использования жмыхов и шротов, которые обогащают его протеином.

Спрос на товарную сою увеличивается, и сельхозпроизводители в этой связи проявляют большой интерес к диверсификации севооборотов, в которых в настоящее время преобладают зерновые (HufnagelJ. et al., 2020) [4].

В последние десятилетия в Казахстане в связи с необходимостью диверсификации сельскохозяйственного производства увеличивается доля посевных площадей зернобобовых и масличных культур. Несмотря на относительно благоприятные почвенно-климатические условия Северного Казахстана, растут площади подсолнечника, который занимает до 30% площадей в структуре севооборота. Отсутствие отечественных адаптивных сортов – сдерживающий фактор для использования сои (Сидорик И.В., 2010).

Казахстан относится к слабо увлажнённой умеренно теплой зоне, с суммой активных температур 2000-2200°C и коэффициентом увлажнения 0,8-1,0 с широтным распределением температуры воздуха. Для выращивания сельскохозяйственных культур высокие риски несут поздние весенние и ранние осенние заморозки [5]. При создании сортов сои для условий Северного Казахстана необходимо учитывать недостаточную сумму эффективных температур за период роста и развития и длинный световой день, поскольку соя является короткодневным растением. Сорты сои с нейтральной фотопериодической реакцией могут относительно рано зацвести и образовывать семена в условиях длинного светового дня [6].

По мнению М.Д. Варлахова (2001), практическая селекция имеет дело с комплексом хозяйственно полезных признаков и должна решать парадоксальные задачи сочетания взаимоисключающих признаков: скороспелость с высокой продуктивностью, устойчивость к абиотическим факторам с максимальной способностью реализовать потенциал урожайности в разнообразных почвенно-климатических условиях.

Первым этапом селекционной работы является изучение исходного материала (Ващенко Т.Г., 2000). Решающую роль играет продолжительность вегетационного периода. Позднеспелость – недостаток, неприемлемый для сельхозпроизводителей. Сорты поздних групп спелости в условиях длинного светового дня реагируют увеличением продолжительности вегетационного периода, как правило, не успевают созреть до наступления стабильно низких температур [7].

Скороспелость – один из основных и наиболее важных признаков, определяющих возможность его возделывания в сложных агроклиматических условиях зоны рискованного земледелия Сибирского региона (Лихенко И.Е., 2012), Манакова Т.А., 2009). При этом интродукция сои для массового производства в континентальные регионы России затруднена из-за отсутствия адаптированных сортов и отсутствия технологий возделывания для конкретных природно-климатических условий региона.

Продолжительность вегетационного периода сортов сои зависит от длительности межфазных периодов. В период всходы – цветение происходит рост и развитие в основном вегетативных органов, способствующих накоплению общей массы растений [8]. Продолжительная вегетативная фаза означает более позднее цветение и высокий потенциал урожайности с риском не успеть созреть. Следовательно, балансирование вегетативного и репродуктивного периодов роста позволит достичь экономически оправданной урожайности при оптимальной продолжительности вегетационного периода. Переход от вегетативной к репродуктивной фазе регулируется сложной генетической системой и реагируют на уровне сигналов [9-12].

В селекции сои как масличной культуры, обращают внимание на содержание жира в семенах. Содержание жира изменяется в широком диапазоне в зависимости от условий выращивания. По данным Г.С. Посыпанова (2006), у сортов южного экотипа, выращиваемых в условиях высокой инсоляции, содержание жиров в семенах сои было всегда выше – 24,0-27,0%, чем у сортов умеренных широт – 18,0-22,0%, и тем более у сортов сои северного экотипа – 15,5-17,0%, созданных и выращиваемых при меньшей напряженности инсоляции. Однако масло, получаемое при переработке сои, например, в России, практически не используется для внутреннего потребления, а экспортируется как сырьё для переработки в биодизель [13].

Связи высокого содержания белка с другими признаками сложные, максимально проявляются во влажные годы, благоприятные для роста и развития сои и индивидуальны для каждого генотипа. В опыте Озяковой Е.Н., Поползухиной Н.А. (2014), подтверждена зависимость содержания белка в зерне от гидротермических условий.



Селекция сои на качество не менее сложна, чем селекция на урожайность. По данным Дидоренко С.В. (2019) по содержанию белка скороспелые образцы стабильнее, чем среднеспелые, тогда как большей стабильностью признака масличности, наоборот, отличались образцы среднеспелой группы спелости. Ультраскороспелые образцы в среднем содержали больше протеина, чем позднеспелые.

По данным российских исследователей вегетационный период, отличающийся повышенной температурой воздуха и достаточным увлажнением, был более благоприятным для формирования белка в зерне сои до 40,8% в среднем по сортам [14].

**Цель исследований** – комплексная оценка сортимента сои в условиях степной зоны Северного Казахстана и выделение адаптивных форм для дальнейшего использования в практической селекции.

### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводились в условиях Северного Казахстана в период с 2018 по 2021 годы (71°38' в.д., 50°56' с.ш.). Суммарное количество осадков в период вегетации сои в 2018 году составило 170,2 мм, а в 2019 году – 94 мм, в 2020 году – 160,8 мм и в 2021 году – 100,1 мм; по сравнению с среднегодовыми показателями в 2018 году выпало на 5,2 мм больше, в 2019, 2020 и 2021 годы соответственно на 71, 4,2 и 64,9 мм меньше. Показатели среднемесячной температуры воздуха в период вегетации в 2018, 2019 годы ниже показателей среднегодовых данных, в 2020, 2021 годы наоборот превышают показатели среднегодовых.

Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по методике Г.Т.Селянинова (Глухих М.А., 2022), для которого использовали данные среднесуточных температур воздуха и суточных сумм осадков из климатических наблюдений на метеорологической станции METUS.

Полевые исследования проводились согласно рекомендациям «Методы изучения коллекции зернобобовых культур» (Вишнякова М.А., 2010).

Качественные показатели определяли согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Сорттовую чистоту определяли по сноповому образцу, из которого анализировали 25 растений. Высоту прикрепления нижних бобов определяли путем измерения расстояния от места прикрепления нижнего боба до корневой шейки, вызреваемость семян, потери семян при срезе на высоте 10 см.

Содержание жира определяли согласно государственному стандарту (ГОСТ 10857-64, 2010). Метод основан на экстракции жира из исследуемого пищевого концентрата этиловым или петролейным эфиром в экстракционном аппарате Сокслета.

Для определения жирно кислотного состава растительных масел использовали УФ-и ИК-спектроскопию, флуоресцентный метод и ЯМР спектроскопию (Прудников С.М. (2001)).

Результаты экологического испытания были проанализированы с помощью программы GGEbiplot (YanW., 2000).

В коллекционном питомнике проходили изучение более 120 сортообразцов сои различного происхождения: отечественной селекции – 75 шт.; российской селекции – 30 шт.; китайской селекции – 15 шт., предшественник – пар, повторность – 1 кратная, площадь делянки – 2 кв.м. Посев проводили сеялкой ССФК-7. Для улучшения условий прорастания семян проводили прикатывание посевов. В качестве стандарта использованы сорта Ивушка и Бара. Расположение стандартных сортов через 10 номеров.

Технология возделывания культуры – зональная. Уборку каждого сорта сои производили по мере наступления уборочной спелости.

### **Результаты и их обсуждение**

Результаты исследований показали, что период формирования вегетативной стадии (посев-всходы) был близок по продолжительности у изучаемых сортов сои, а различия между сортами проявлялись при переходе к генеративной стадии развития растений, особенно в период созревания. Сортообразцы изучаемой коллекции относились к ранней и среднеранней группам спелости (рис. 1).

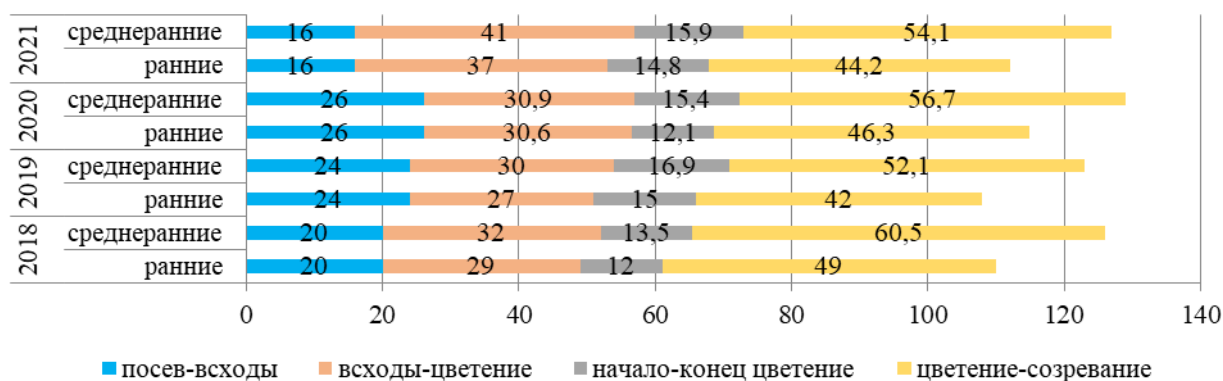


Рис. 1. Продолжительность межфазных периодов сои сортов разных групп спелости, суток, 2018-2021 гг.

Соответственно исходя из результатов исследований, для условий Северного Казахстана большой интерес для дальнейшей работы представляют образцы среднеранней группы спелости как Heihe 58, Heihe 33, Heihe 49, Beidou 26, Светлячек, Heihe 44 и Heihe 43. Данные сорта также характеризовались приемлемой длиной вегетационного периода до 90 дней и коротким периодом развития «всходы–цветение» (30-36,4 суток). В табл.1 представлены результаты оценки лучших среднеранних сортов сои.

Таблица 1

**Показатели элементов структуры продуктивности лучших сортов сои среднеранней группы спелости, среднее за 2018-2021 гг.**

Сорт	Происхождение	Высота растения, см.			Масса семян с 1 боба, г.	Высота прикрепления нижнего боба, см	Масса 1000 зерен, г.
			Бобов на растении, шт.	Семян в бобе, шт.			
Бара	Россия	49±0,0	23,3±0,0	3,0±0,0	0,42±0,0	10,7±0,0	123,2±0,0
Heihe 58	Китай	54±5,0	19,0±4,3	2,9±0,1	0,66±0,24	12,1±1,4	138,7±15,5
Heihe 59	Китай	55±6,0	19,7±3,6	3,0±0	0,66±0,24	12,9±2,2	136,2±13,0
Heihe 33	Китай	51±2,0	22,1±1,2	2,9±0,1	0,33±0,09	10,9±0,2	135,6±12,4
Heihe 35	Китай	51±2,0	22,5±0,8	3,0±0	0,46±0,04	12,4±1,7	137,0±13,8
Heihe 44	Китай	52±3,0	24,0±0,7	2,8±0,2	0,34±0,08	10,6±0,1	130,2±7,0
Heihe 49	Китай	52±3,0	28,4±14,9	2,2±0,8	0,39±0,03	10,1±0,6	151,0±27,8
Beidou 26	Китай	53±4,0	29,7±6,4	3,0±0	0,62±0,2	10,2±0,5	147,6±24,4
Beidou 36	Китай	57±8,0	28,0±4,7	3,0±0	0,45±0,03	14,0±3,3	131,8±8,6
Beidou 43	Китай	51±2,0	22,4±0,9	3,1±0,1	0,52±0,08	10,2±0,5	135,1±11,9
Huajiong 2	Китай	55±6,0	29,3±6,0	3,7±0,7	0,76±0,34	10,2±0,5	137,7±14,5

По признаку высота растений все исследуемые сорта относились к высокорослому типу. В годы исследований не отмечено полегания сортов сои. По признаку количество бобов с растения показатели варьировали от 18,2 до 29,7 штук. Наибольшим количеством бобов на растении характеризовались сорта Heihe 44, Heihe 49, Beidou 26, Beidou 36. По признаку количество семян в бобе варьирование не большое (2-3 штуки). В зависимости от количества семян в бобе соответственно изменялся показатель массы семян с боба (0,33-0,76 г). Лучшими были сорта Huajiong 2, Beidou26, Heihe58, Бара и Heihe59 (0,42-0,76 г). Варибельность признака «масса 1000 зерен» сортов сои была существенно меньше (123,2-151,2 г.), что указывает на его высокую наследственную обусловленность. По показателю высота прикрепления нижнего боба, большинство сортов сои характеризовались, как высокое (более

10 см). В таблице 2 представлены средние значения биометрических показателей выделенных сортов сои в разрезе групп спелости.

Таблица 2

**Биометрические показатели лучших сортов сои, среднее за 2018-2021 гг.**

Сорт	Происхождение	Высота растения, см	Боковое ветвление, шт	Высота прикрепления нижнего боба, см	Бобов на растении, шт	Продуктивных узлов на стебле, шт	Зерен в бобе, шт
<i>Ранние</i>							
Ивушка	Казахстан	39,6±0,0	4±0,0	7,4±0,0	34,8±0,0	10,1±0,0	1,91±0,0
Beidou 43	Китай	42,2±2,6	2,4±1,6	6,7±0,7	24,4±10,4	11,2±1,1	1,9±0,01
LongKen 310	Китай	46,4±6,8	0,1±3,9	9,6±2,2	19,2±15,6	8,0±2,1	2,2±0,29
Heihe 43	Китай	36,2±3,4	0,1±3,9	8,3±0,9	24,4±10,4	11,4±1,3	1,9±0,01
Heihe 33	Китай	36,8±2,8	0,1±3,9	6,7±0,7	15,4±19,4	6,8±3,3	2,16±0,25
Золотистая	Россия	59,2±19,6	2±2,0	6,7±0,7	30±4,8	11±0,9	1,88±0,03
<i>Среднеранние</i>							
Бара	Россия	46,4±0,0	0,1±0,0	7,6±0,0	19,6±0,0	7,8±0,0	1,94±0,0
Линия 113	Казахстан	37,9±8,5	0,2±0,1	6,5±1,1	15,2±4,4	7,2±0,6	1,92±0,02
LongKen 336	Китай	35,6±10,8	0,1±0,0	9,1±1,5	18,4±1,2	7,8±0,0	2,38±0,44

По комплексу элементов структуры урожая интерес для практической селекции представляют сорта LongKen 310, Huaqiong 2, Beidou 26, Heihe 59 и сорт Бара. Также в 2021 году по данным показателям выделялись сорта: Нур+, Надежда, Золотистая, Kenfeng 6, Аванта, ОАК Пруденс и перспективная линия № 90.

В годы исследований урожайность сортов варьировала в широких пределах от 1,5 ц/га у среднеранней группы в 2018 г. до 14,1 ц/га у ранней в 2021 г. В разрезе каждой группы спелости выявлены ряд сортов характеризующиеся стабильным значением урожайности по годам. Как показали результаты исследований, продолжительность вегетации сортов сои имело наибольшее значение при формировании урожайности и его элементов структуры. Для зоны севера Казахстана необходимы сорта с коротким вегетационным периодом роста и развития от 90 до 110 дней. Сорта сои среднеспелой группы относятся к «группе риска», поскольку в годы с низким температурным фоном могут не вызреть. При этом в благоприятные годы в условиях Северного Казахстана, эта группа спелости характеризуется высокой урожайностью.

В таблице 3 представлены лучшие сорта сои, которые характеризуются коротким вегетационным периодом развития, с приемлемой урожайностью и содержанием белка и могут быть использованы как источники хозяйственно-ценных признаков в практической селекции.

Таблица 3

**Лучшие сорта сои с коротким вегетационным периодом развития, высокой урожайностью и качеством зерна, среднее за 2018-2021 гг.**

Название сорта	Происхождение	Вегетационный период, дни	Урожайность, ц/га	Содержание белка, %	Содержание жира, %
Heihe 33	Китай	90±1,0	10,2±1,9	36,7±2,09	18,1±5,77
Heihe 35	Китай	92±3,0	10,2±1,9	39,7± 5,09	18,5±5,37
Heihe 44	Китай	91±2,0	10,5±2,2	38,1±3,49	18,4±5,47
Heihe 49	Китай	90±1,0	10,8±2,5	41,8±7,19	17,5±6,37
Beidou 26	Китай	90±1,0	12,3±4,0	38,1±3,49	17,2±6,67
Beidou 43	Китай	90±1,0	10,5±2,2	36,0±1,39	21,4±2,47
Huaqiong 2	Китай	92±3,0	10,2±1,9	35,7±1,09	19,3±4,57

Вариабельность значений урожайности в годы исследований представлено на рисунке 2.

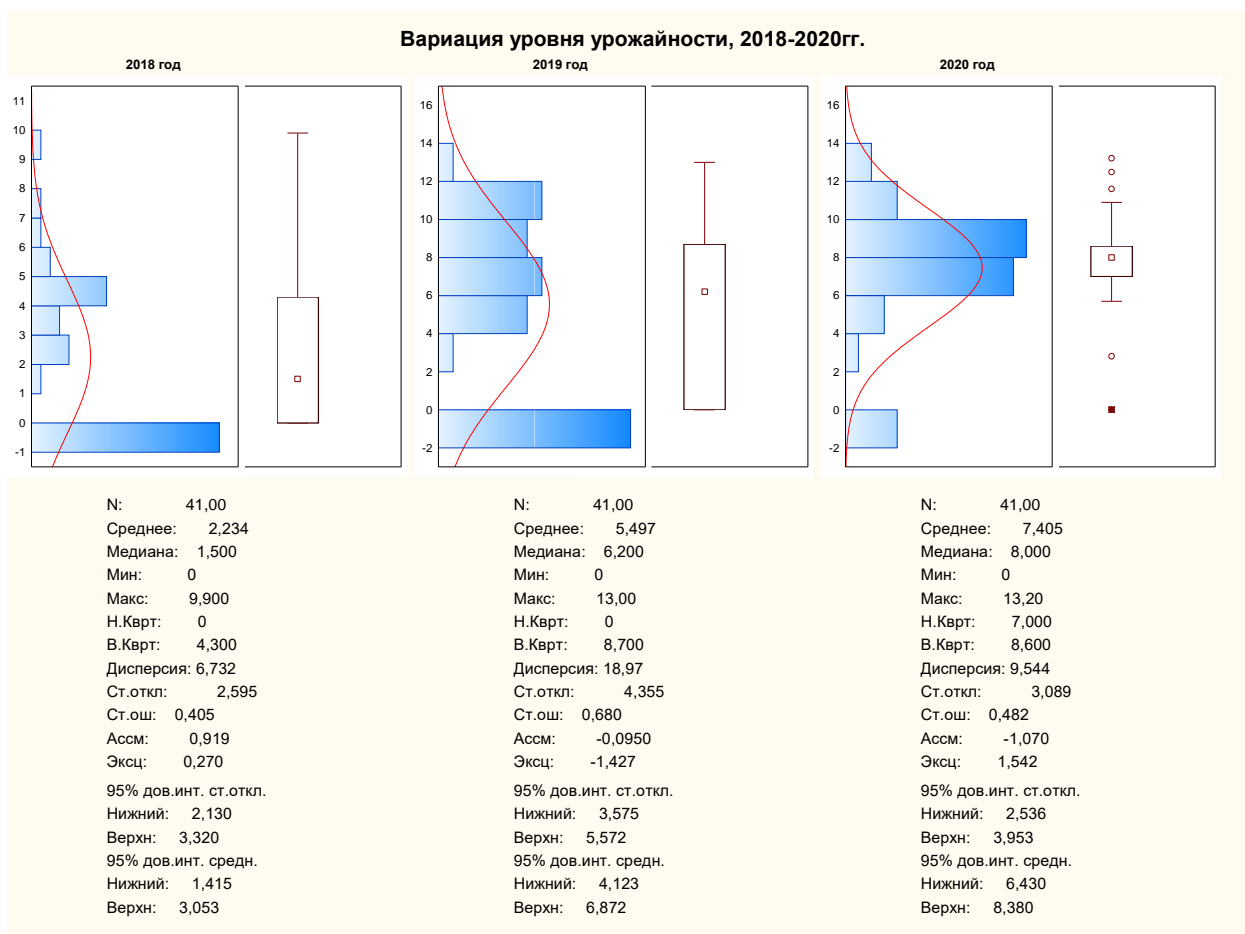


Рис. 2. Вариация уровня урожайности, 2018-2020 гг.

По результатам исследований выявлено, что урожайность сортов сои находится в прямой зависимости от погодных условий, которые в 2018 и 2020 гг. были более благоприятными для роста и развития сои. При дисперсии 9,5 среднее отклонение составило показатель – 3,0, отклонение при 95% достоверности соответствует норме.

В исследованиях формирование показателей структуры урожая больше проявлялись генетически, нежели проявлялся фенотипический эффект, так же как и показатель урожайности. Расчеты корреляционных связей между урожайностью и показателями элементов структуры урожая показали низкие значения, даже с числом бобов на растении ( $R=0,3$ ). Судя по коэффициентам корреляции снижение высоты растений приводит к уменьшению количества продуктивных узлов ( $r=0,51$ ) и сокращению расстояния от корневой шейки до первого боба ( $r=0,44$ ). Средняя положительная корреляция установлена между числом семян в бобе и массой семян с боба ( $r=0,64$ ), между высотой прикрепления нижнего боба и массой 1000 семян ( $r=0,65$ ), массой 1000 семян и содержанием белка ( $r=0,57$ ). Высокая отрицательная корреляция была у признаков число семян в бобе и содержание белка в зерне ( $-r=0,80$ ), средняя – между урожайностью и содержанием белка ( $-r=0,48$ ), числом бобов на растении и содержанием жира ( $-r=0,67$ ). На проявление признаков количество бобов на растении и количество семян в бобе, определяющее влияние оказывали условия возделывания. При этом значительных различий по изучаемым показателям между сортами и признакам не наблюдалось. Количество семян в бобе, как правило, было 2-3, за исключением более поздних сортов, растения которых формировали 3-4 семени.

$^{1}H$  и  $^{13}C$  ЯМР спектры (рис. 3 и 4) исследованных образцов жира показали высокую идентичность полученных сигналов. Это свидетельствует о высокой схожести показателей качества жира образцов. Принимая во внимание, что основными компонентами растительных масел являются глицериды насыщенных (пальмитиновая, стеариновая) и ненасыщенных

(олеиновая, линолевая, линоленовая) жирных кислот, нами проведены исследования как качественного, так и количественного состава соевого масла.

В  $^1\text{H}$  ЯМР профиле соевого масла сорта Светлячек сигнал 1 указывает на наличие ненасыщенных жирных протонов. Вместе с глицериновыми протонами 2 ненасыщенные жирные протоны составляют интегральную интенсивность 31.04H. Концентрация ненасыщенных жирных протонов – 31.04H – один из важных показателей для установления уровня ненасыщенности масел. Соевое масло характеризуется в целом значительным содержанием полиненасыщенных жирных кислот (линолевая и линоленовая). Содержание метиленовых (бис-аллильных) протонов линоленовой и линоленовой кислот составляет 12.47H (сигнал 5) метиленовые протоны.

В  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектрах изученных образцов соевого масла наблюдается большое число сигналов в области 14.17-34.26 м.д., которые соответствуют метильным, метиленовым и аллильным углеродным атомам. Пики в области 14.17-22.78 м.д. соответствуют терминальным атомам углерода  $\text{CH}_3$  цепей жирных кислот. Сигналы при 62.16 и 66.10 м.д. указывают на углеродные атомы  $\text{CH}_2$  и  $\text{CH}$  глицерида. Непредельные( $=\text{CH}$ ) атомы углерода определяются сигналами 128.11-130.28 м.д. Сигналы при 172.91-173.33 м.д. указывают на карбонильные ( $\text{C}=\text{O}$ ) углеродные атомы триглицеридов.

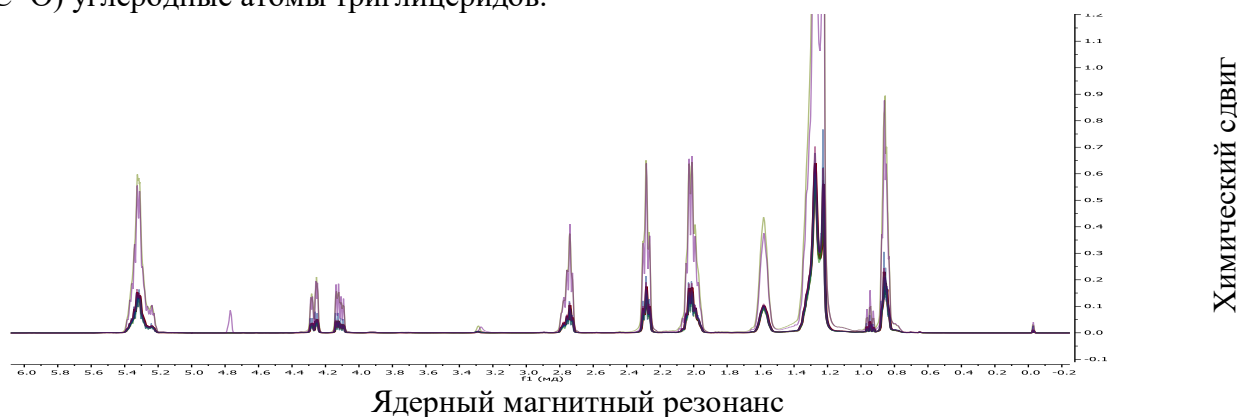


Рис. 3.  $^1\text{H}$  ЯМР спектры изучаемых образцов соевых масел

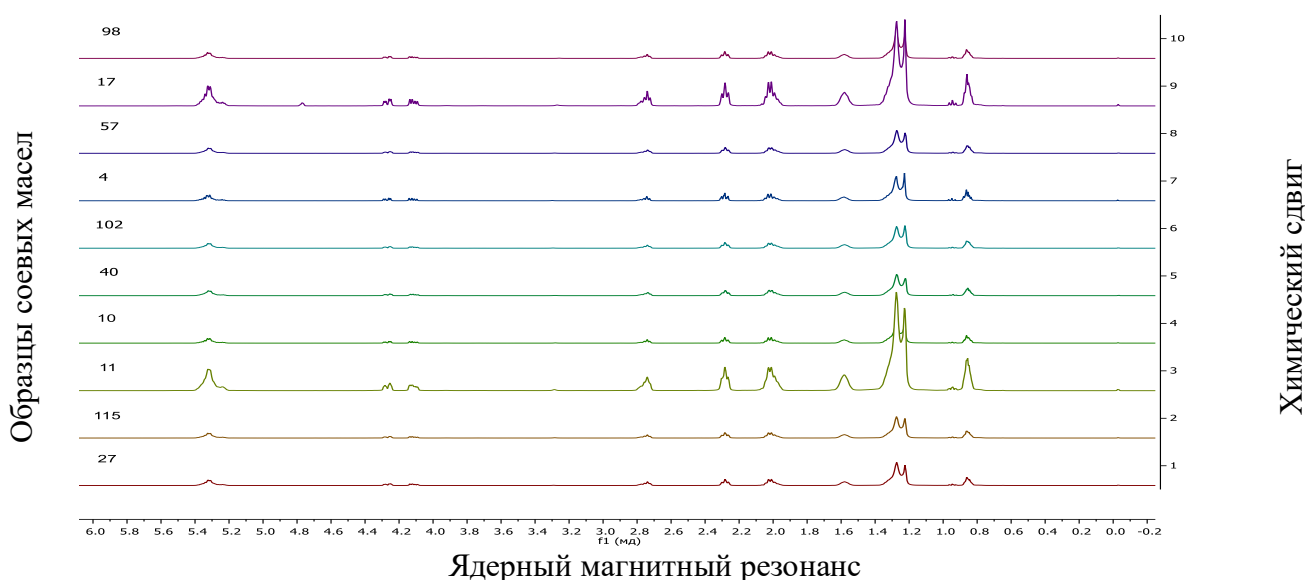


Рис. 4.  $^1\text{H}$  ЯМР спектры изучаемых образцов соевых масел (№98- Золотистая (Казахстан), №17- Heihe 43 (Китай), №57 – Чера 1 (Россия), № 4 – Светлячек (Казахстан), №102 – Нур+ (Казахстан), № 40 –Heihe 33 (Китай), №10 – Бара (Россия), №11 – Ивушка (Казахстан), №115 – линия (Казахстан), №77 (Казахстан), № 27 – Heihe 44 (Китай))

Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка позволяет проводить более детальный анализ и характеризовать аспекты генотип-средовых испытаний, генотипов, сред и мега средовой анализ (рис. 5).

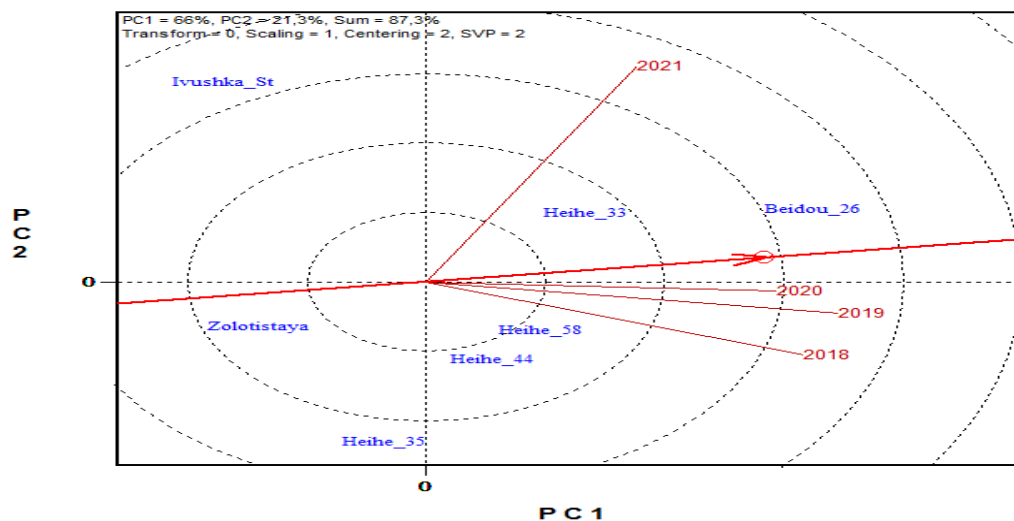


Рис. 5. Дифференцирующая способность и репрезентативность сред испытания

Основная жирная линия, проходящая через центр, является средней осью изучаемых сред. В конкретном случае среда 2019 и 2021 гг. характеризуются более длинным вектором, что свидетельствует об их дифференцирующей способности. Меньший угол между средней осью и вектором среды 2020 г. говорит об его репрезентативности. Однако невозможно с уверенностью сделать заключение об идеальности данной среды для условий выращивания культуры.

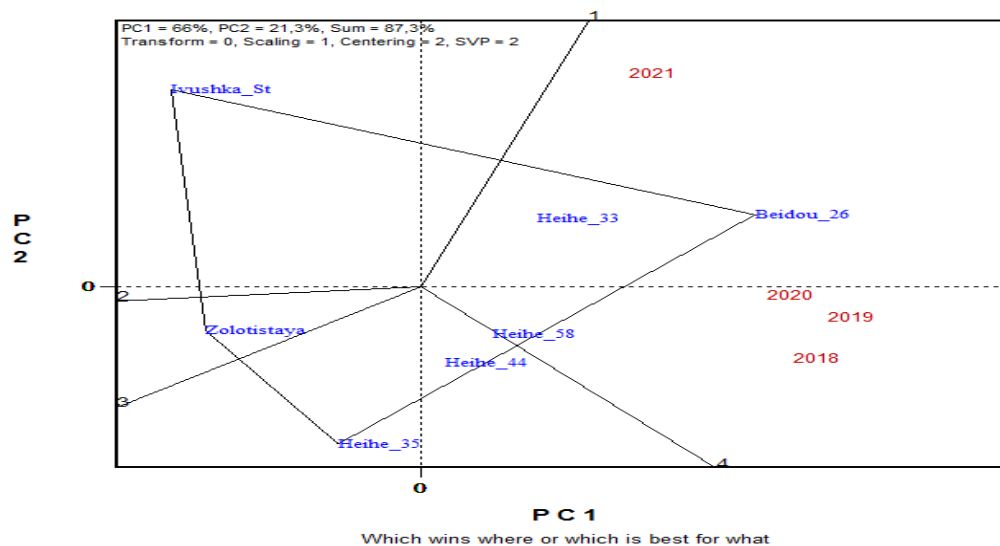


Рис. 6. Двухмерный график GGE для шаблона «Which-won-where» («Какой из генотипов, где победил»), 2018-2021 гг.

На рисунке 6 представлен многоугольник «Which-won-where», где визуализирована реакция некоторых сортов при их взаимодействии со средой, что позволяет визуализировать преимущество генотипов в средах. Линиями отходящими от центра разделены 2 сектора, на них расположены изучаемые сорта. Данные сорта имеют определенное преимущество в каждой среде. По результатам оценки лучшими в совокупности всех сред были сорта Beidou 26 (Китай) и Heihe 58 (Китай). Сорта, указанные в секторах без

сред, уступали им по показателю адаптивности. Для корректной оценки проведен анализ взаимодействия генотип-среда. Согласно полученным результатам,  $PC_1$  – это эффект генотипа, а  $PC_2$  – взаимодействие генотипа со средой. В наших исследованиях  $PC_1$  – составил 66%, а  $PC_2$  – 21,3% соответственно. Общая дисперсия (изменчивость компонентов) составила 87,3%.

Так как урожайность это больше интегральный показатель продуктивности растений, как результат взаимодействия всех количественных признаков растения с условиями внешней среды. Основной причиной колебания показателя является изменение погодных условий в период вегетации и реакция изучаемых сортов сои на изменения условий окружающей среды. Сорта сои, характеризующиеся высокой урожайностью, в различные годы являются экологически пластичными.

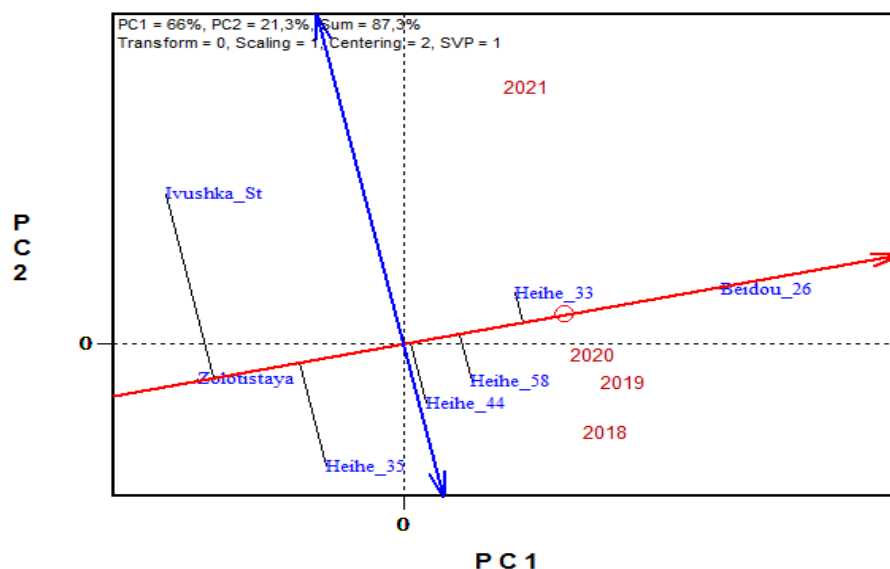


Рис. 7. Двухмерный график GGE для оценки средней урожайности и стабильности генотипов в 2018-2021 гг.

На рисунке 7 представлена биplot-модель «Mean again ststability» (сочетание среднего значения и стабильности). Судя по результатам, высокой адаптивной способностью обладает сорт Heihe 44 (Китай) и по убывающей, сорта Heihe 58 (Китай), Beidou 26 (Китай) в совокупности сред сорт Heihe 33 (Китай) в среде 2021 года.

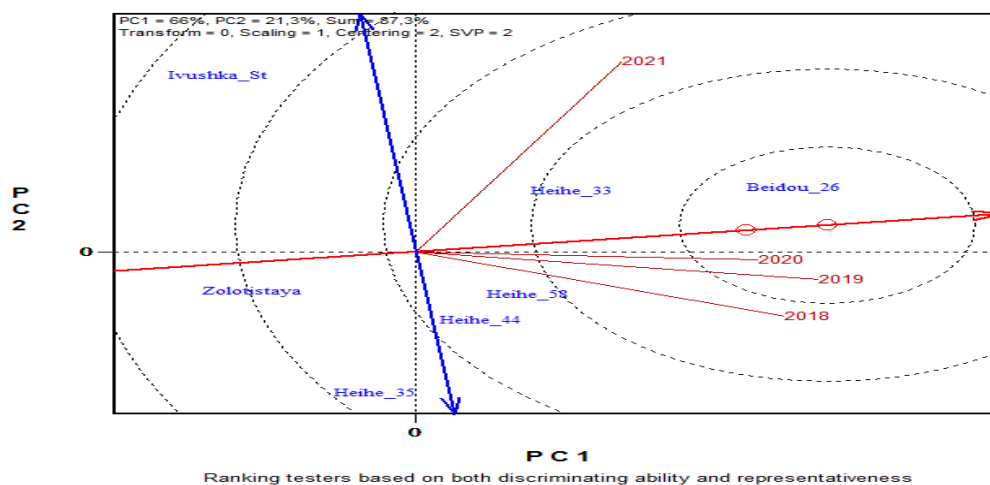


Рис. 8. Двухмерный график GGE распределения генотипов, для сравнения с «идеальным» генотипом GGE «Rank genotypes with reference to the «Ideal» genotype»

На рис. 8 красная стрелка указывает на расположение идеального генотипа, который находится в центре кругов. Расположенные в центре кругов сорта сои являются наиболее адаптивными и стабильными по урожайности в исследуемые годы, как, например, сорт Beidou 26. Сорта Heihe 33 (Китай), Heihe 58 (Китай) и Heihe 44 (Китай) уступают Beidou 26 (Китай), но способны реализовать потенциал урожайности и адаптивности в иных условиях возделывания. Сорта Золотистая и Heihe 35 не показали практической ценности вследствие низкой адаптивной способности. Выявленные в результате исследований сорта сои обладают высокой экологической пластичностью и могут быть использованы в практической селекции при создании сортов сои для конкретных условий севера Казахстана. Условия возделывания сельскохозяйственных культур и особенно масличных в регионах Северного Казахстана весьма жесткие и, естественно, уровень продуктивности их невысокий, однако качество в отдельные годы могут сформировать очень высокое. Условия возделывания 2018-2021 годов по своему отразились на формировании уровня урожайности и качества сои.

Полученные результаты исследований позволили оценить вариацию уровня основного признака – урожайности в различные годы, а так же определить аспекты генотип-средовых испытаний, реакцию изучаемого набора сортов в различных средах и в результате – выделить «идеальный генотип».

### Выводы

1. Выявлены образцы сои, выделяющиеся по хозяйственно-ценным признакам для использования в качестве источников и доноров в практической селекции:

– скороспелые: Heihe 58 (Китай), Heihe 33 (Китай), Heihe 49 (Китай), Бара (Россия), Beidou 26 (Китай), Beidou 51 (Китай), Suiyang 1 (Китай);

– с высоким потенциалом урожайности: Heihe 33 (Китай), Heihe 35 (Китай), Бара (Россия), Heihe 44 (Китай), Heihe 49 (Китай), Beidou 26 (Китай), Beidou 43 (Китай), Huajiong 2 (Китай), LongKen 310(Китай), Kenfeng 6 (Китай);

– с высоким содержанием протеина: Huajiong 2 (Китай), Beidou 43 (Китай), Beidou 26 (Китай), Heihe 49 (Китай), Бара (Россия), Heihe 33 (Китай) и Heihe 35 (Китай).

2. Некоторые элементы структуры урожая напрямую влияли на формирование урожайности сортов сои в годы исследований, в частности это масса семян с боба и соответственно масса 1000 семян. Незначительной корреляционной связью характеризовались показатели высоты растения, количество бобов на растении и количество семян в бобе. По показателю высоты растений выявлено, что снижение высоты растений приводит к снижению количества продуктивных узлов.

3. Вариация уровня урожайности и других хозяйственно-ценных признаков в различные годы является проявлением генотипического эффекта (влияние генотипа составил 66%, взаимодействие генотипа со средой – 21,3%), что в свою очередь позволило определить аспекты генотип-средовых испытаний, реакцию изучаемого набора сортов в различных средах и выделить «идеальный генотип». Таковым является сорт сои Beidou 26 (Китай), сорт расположен в непосредственной близости к «идеальному» генотипу, что свидетельствует о сочетании урожайных и адаптивных свойств. Сорт обладает высокой экологической пластичностью и может быть использован в практической селекции при создании сортов сои для конкретных условий севера Казахстана.

4. Исследования образцов жира с использованием  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  ЯМР метода показали схожесть полученных сигналов. Выделены ряд сортов сои с интегральной интенсивностью сигналов как сорт Светлячек (Казахстан) (31.04H). У остального набора сортов отмечается большое скопление сигналов в 14.17-34.26 м.д. метиленовым и аллильным углеродным атомам, сигналы в области 14.17-22.78 м.д. соответствуют терминальным атомам углерода  $\text{CH}_3$  цепей жирных кислот. По результатам исследований сорт сои Светлячек (Казахстан) рекомендуется для использования в качестве исходного материала при практической селекции на качество зерна.



### Литература

- 1 Гончаров С.В., Коробова Н.А. Перспективные направления селекции гороха. *Аграрный научный журнал*. 2022;9;13–17. DOI.org/10.28983/asj.y2022i9pp13-17
- 2 He F.J., Chen, J.Q. Consumption of soybean, soy foods, soy isoflavones and breast cancer incidence: differences between Chinese women and women in Western countries and possible mechanisms. *Food Sci.Hum. Wellness* 2013;3;146-161. DOI 10.1016/j.fshw.2013.08.002
- 3 Hildebrand D. Operation of the oxylin pathway. Soy 2000. Program and proceedings for 8th Biennial Conference of the Cellular and Molecular Biology in Soybean. Lexington, Kentucky, 2000. P. PII 08.
- 4 Hufnagel J., Reckling M., Ewert, F. Diverse approaches to crop diversification in agricultural research. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2020;40;14. DOI 10.1007/s13593-020-00617-4
- 5 Амантаев Б.О., Кипшакбаева Г.А., Тлеулина З.Т. Солтүстік Қазақстанның құрғақ далалық аймағы жағдайында температураның майбұршақ сорттарының өсіп-дамуына әсері. Костанайский государственный университет имени Ахмета Байтурсынова "Intellect, idea, innovation - интеллект, идея, инновация" многопрофильный научный журнал 2020;2;59-65.
- 6 Кипшакбаева Г.А., Амантаев Б.О., Тлеулина З.Т., Кипшакбаева А.А., Кульжабаев Е.М. Изучение и оценка перспективных сортов сои в условиях сухостепной зоны Северного Казахстана. Казахский национальный аграрный университет. *Исследования, результаты*. – 2020; – № 2 (86); – С. 235-241.
- 7 Созонова А.Н. Изучение сортов сои в лесостепи Тюменской области. *Агропродовольственная политика России*. 2016;12(60); 49-50.
- 8 Лукомец В.М., Пенчуков В.М., Тильба В.А., Зайцев Н.И., Шабалдас О.Г., Бушнева С. Совершенствование технологии возделывания сои. *Вестник АПК Ставрополя*. – 2015; – 2; – С. 88-9.
- 9 Yoo S.K., Chung K.S., Kim, J., Lee J. H., Hong S. M., Yoo S.J., et al. (2005). CONSTANS activates SUPPRESSOR OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1 through FLOWERING LOCUS T to promote flowering in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 2005;139;770–778. DOI 10.1104/pp.105.066928.
- 10 Corbesier L., Vincent C., Jang S., Fornara F., Fan Q., Searle I., et al. (2007). FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of Arabidopsis. *Science* 2007;316;1030–1033. DOI 10.1126/science.1141752
- 11 Tamaki S., Matsuo S., Wong H. L., Yokoi S., Shimamoto K. Hd3a protein is a mobile flowering signal in rice. *Science* 2007;316;1033–1036. DOI 10.1126/science.1141753.
- 12 Andres, F., Coupland, G. The genetic basis of flowering responses to seasonal cues. *Nat. Rev. Genet.* 2012;13;627–639. DOI 10.1038/nrg3291
- 13 Гончаров С.В., Карпачев В.В. Перспективы развития биодизеля в России. Масличные культуры. *Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. – 2021; – № 3 (187); – С. 71-77. DOI 10.25230/2412-608X-2021-3-187-71-77
- 14 Омелянюк Л.В., Юсова О.А., Козлов Г.Я., Асанов А.М. Урожайность и качество зерна сортов сои в условиях южной лесостепи Западной Сибири. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2013; – № 11 (109); – С. 26-29.

### References

1. Goncharov S.V., Korobova N.A. Perspective directions of pea breeding. *Agrarian Scientific journal*. 2022, no.9, pp. 13–17. DOI.org/10.28983/asj.y2022i9pp13-17 (In Russian)
2. He F.J., Chen, J.Q. Consumption of soybean, soy foods, soy isoflavones and breast cancer incidence: differences between Chinese women and women in Western countries and possible mechanisms. *Food Sci.Hum. Wellness* 2013;3;146-161. DOI 10.1016/j.fshw.2013.08.002
3. Hildebrand D. Operation of the oxylin pathway. Soy 2000. Program and proceedings for 8th Biennial Conference of the Cellular and Molecular Biology in Soybean. Lexington, Kentucky, 2000. P. PII 08.
4. Hufnagel J., Reckling M., Ewert, F. Diverse approaches to crop diversification in agricultural research. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2020;40;14. DOI 10.1007/s13593-020-00617-4

5. Amantaev B.O., Kypshakbaeva G.A., Tleulina Z.T. The influence of temperature on the growth and development of soybean varieties in the conditions of the construction steppe zone of Northern Kazakhstan. Kostanay State University named after Akhmet Baitursynov multidisciplinary scientific journal "*Intellect, idea, innovation - intelligence, idea, innovation*" 2020, no.2, pp.59-65.
6. Kipshakbaeva G.A., Amantaev B.O., Tleulina Z.T., Kipshakbaeva A.A., Kulzhabaev E.M. Study and evaluation of promising soybean varieties in the conditions of the dry steppe zone of Northern Kazakhstan. Kazakh National Agrarian University. *Research, results*. 2020, no.2(86), pp. 235-241.
7. Sozonova A.N. The study of soybean varieties in the forest-steppe of the Tyumen region. *Agro-food policy of Russia*. 2016, no.12 (60), pp.49-50
8. Lukomets V.M., Penchukov V.M., Tilba V.A., Zaitsev N.I., Shabaldas O.G., Bushneva S. Improvement of soybean cultivation technology. *Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol*. 2015, no.2, pp.88-89.
9. Yoo S.K., Chung K.S., Kim, J., Lee J. H., Hong S. M., Yoo S.J., et al. (2005). CONSTANS activates SUPPRESSOR OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1 through FLOWERING LOCUS T to promote flowering in Arabidopsis. *Plant Physiol*. 2005;139;770–778. DOI 10.1104/pp.105.066928.
10. Corbesier L., Vincent C., Jang S., Fornara F., Fan Q., Searle I., et al. (2007). FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of Arabidopsis. *Science* 2007;316;1030–1033. DOI 10.1126/science.1141752
11. Tamaki S., Matsuo S., Wong H. L., Yokoi S., Shimamoto K. Hd3a protein is a mobile flowering signal in rice. *Science* 2007;316;1033–1036. DOI 10.1126/science.1141753.
12. Andres, F., Coupland, G. The genetic basis of flowering responses to seasonal cues. *Nat. Rev. Genet*. 2012;13;627–639. DOI 10.1038/nrg3291
13. Goncharov S.V., Karpachev V.V. Prospects of biodiesel development in Russia. *Oilseed crops. Scientific and Technical Bulletin of VNIIMK*. 2021, no.3(187), pp.71-77. DOI: 10.25230/2412-608X-2021-3-187-71-77
14. Omelianyuk L.V., Yusova O.A., Kozlov G.Ya., Asanov A.M. Yield and grain quality of soybean varieties in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2013, no.11(109), pp.26-29.

## ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ В ЛИСТЬЯХ ОБРАЗЦОВ СОИ

**З.Ш. ИБРАГИМОВА**, кандидат биологических наук

E-mail: ziyade.ibrahimova@gmail.com

ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ, АЗЕРБАЙДЖАН

*Исследовательская работа направлена на определение параметров водного режима и содержания свободного пролина у образцов сои в условиях засухи. Использованные в исследовании семена сои были предоставлены Национальным Генбанком и выращены на опытно-полевом участке Института генетических ресурсов. Параметры водного режима в листьях растений определяли в условиях полива и засухи. На основе результатов определения водоудерживающей способности, полученных на контрольных растениях, изучено содержание свободного пролина в листьях сортов Чукурова 4, Чукурова 12 и Антония. Наблюдали изменения значений дефицита и относительного содержания воды, водоудерживающей способности, содержания свободного пролина. В условиях водного стресса низкий уровень дефицита воды, но высокое относительное содержание воды отмечали у сортов Чукурова 3, Чукурова 7, Канада 4, Канада 6, Антония, Ангелика. По значениям водоудерживающей способности можно судить о том, выдерживают ли растения засуху. У контрольных растений водоудерживающая способность колебалась в диапазоне 27,3% (Чукурова-3) – 50,6% (Антония), в условиях засухи – 33,34% (Чукурова-12) – 55,19% (Канада 7). Образцы со значениями водоудерживающей способности выше 50% в условиях засухи, можно считать более устойчивыми: Канада 1, Канада 7, Антония, Ангелика. Несмотря на несколько низкое значение водоудерживающей способности, образец Чукурова 7 также отличился засухоустойчивостью. Прослеживается определенная взаимосвязь между содержанием свободного пролина и водоудерживающей способностью листьев (по потере воды в течение 4 часов), относительным содержанием воды и дефицитом воды. Так, высокие показатели содержания свободного пролина, относительного содержания воды и водоудерживающей способности сопровождаются низкими значениями дефицита воды, что указывает на удержание воды в тканях.*

**Ключевые слова:** соя, водный режим, дефицит воды, относительное содержание воды, водоудерживающая способность, пролин.

**Для цитирования:** Ибрагимова З.Ш. Влияние засухи на водный режим в листьях образцов сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):59-65. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-59-65

## THE EFFECT OF DROUGHT ON THE WATER REGIME IN THE LEAVES OF SOYBEAN SAMPLES

**Z.Sh. Ibrahimova**

ANAS INSTITUTE OF GENETIC RESOURCES, AZERBAIJAN

**Abstract:** *The research work was aimed at determining the characteristics of the parameters of the water regime and the content of free proline in soybean samples in drought conditions. The seeds of soybean varietal crops used in the study were provided by the Genbank of the Institute of Genetic Resources and grown at the experimental field site of the Institute. The parameters of the water regime in plant leaves were determined under conditions of irrigation and drought. Based on the results of the water-holding capacity obtained on control plants, the content of free proline in the leaves of the experimental varieties Chu-4, Chu-12 and Antonia was determined. Changes in the values of deficiency and relative water content, water retention capacity, and free proline content*

were observed. Under conditions of water stress, a low level of water deficiency, but a high relative water content was noted in samples of varieties Chu-3, Chu-7, Canada-4, Canada-6, Antonia, Angelica. According to the values of the water-holding capacity, it is possible to judge whether plants withstand drought. In control plants, the water-holding capacity varied in the range of 27.3% (Chu-3) - 50.6% (Antonia), in drought conditions - 33.34% (Chu-12) - 64.93% (Chu-3). Samples with water holding capacity values above 50% in drought conditions can be considered resistant: Chu-3, Canada-1, Canada-7, Antonia, Angelika. Despite the somewhat low value of water-holding capacity, the Chu-7 sample also distinguished itself by drought resistance. There is a certain relationship between the content of free proline and the water retention capacity of the leaves (by water loss within 4 hours), the relative water content and water deficiency. Thus, high indicators as free proline content and relative water content are accompanied by low values of water retention capacity and water deficiency, which indicates water retention in tissues.

**Keywords:** soybean, water regime, water scarcity, relative water content, water retention capacity, proline.

Соя (*Glycine max* L.) – один из основных представителей зернобобовых культур, являющихся естественным источником белков, жиров и минеральных элементов. Содержание белка в одной кормовой единице зеленой массы сои составляет 217 грамм [1]. Соя широко используется в пищевых, кормовых и технических целях, является ценным кормовым растением. Соя, которую можно сеять попеременно с зерновыми, кукурузой, обогащает почву азотом, так как участвует в естественном круговороте азота. Начиная с 2020 года в Азербайджане проводится активная работа по расширению посевных площадей этого растения. Создание продуктивных сортов сои может не только обеспечить животноводство полезными кормовыми продуктами, но и помочь свести к минимуму импорт кормовых ресурсов из зарубежных стран. Но, несмотря на создание продуктивных сортов и повышение урожайности, потери, связанные с абиотическими и биотическими стрессовыми факторами, также наблюдаются [2]. Важное значение в селекции устойчивых сортов и форм имеет разработка ранней диагностики засухоустойчивости растений. Поэтому изучение физиолого-биохимических аспектов влияния засухи, характерной для климата Азербайджана, на растение сои является приоритетным вопросом. В растительном организме засуха способна оказывать сильное влияние на ход физиологических процессов, в том числе и на водный режим. Изучение параметров водного режима составляет основу определения засухоустойчивости растений. Это, прежде всего, водоудерживающая способности, дефицит воды, относительное содержание воды [3].

В реакция растений сои на стресс большая роль принадлежит свободному пролину. Так, различные организмы используют эту аминокислоту для устранения дисбаланса клетки, возникающего из-за неблагоприятных условий окружающей среды [4].

**Цель исследований** – определение характеристики параметров водного режима и содержания свободного пролина у образцов сои в условиях засухи.

#### **Материал и методы**

В исследовании использованы семена 21 сорта сои (*Glycine max* L.): Чукурова 3, Чукурова 4, Чукурова 5, Чукурова 6, Чукурова 7, Чукурова 8, Чукурова 9, Чукурова 12, Чукурова 13, Чукурова 14, Канада 1, Канада 4, Канада 5, Канада 6, Канада 7, Уманская, Антония, Ангелика, Аяз, Алекса, Киота, были предоставлены Национальным Генбанком Азербайджана. Исследования проводились в 2021 и 2022 годах. Летний период этих годов на Апшероне характеризовался идентичными климатическими условиями, а именно жарой (средняя температура июня-июля составляла 28-34°C), сухими ветрами (25-50 км/ч), без осадков (3-4 мм). Используемые в опыте образцы сои выращивались на опытно-полевом участке Института Генетических Ресурсов. Контролем служили растения, выращенные при оптимальном поливе (70%), опытные же растения в течение 7 дней подвергались засухе (30-35%). Параметры водного режима в листьях растений определяли по методике Кожушко Н.Н. [5] и рассчитывали по формулам:

1)  $Sd = \frac{Bn \cdot 100\%}{B}$ ; где  $Sd$  – дефицит воды (%),  $Bn$  – количество поглощенной воды, равное разности между весом листа в полностью насыщенном состоянии и весом до насыщения (г),  $B$  – общее содержание воды в листьях в состоянии полного насыщения, равное разности между весом листа в полностью насыщенном состоянии и сухим весом навески (г). Для определения сухого веса лист сушился в термостате при температуре 100°C в течение 1 часа.

2)  $Ss = \frac{b \cdot 100\%}{a}$ ; где  $Ss$  – водоудерживающая способность (%), потеря воды листьями за определенный промежуток времени (в течение 4 часов) (%) по отношению к исходному количеству воды в листьях (%),  $a$  – содержание воды в листьях на начало эксперимента (г),  $b$  – количество воды, потерянное за определенный промежуток времени при увядании (г).

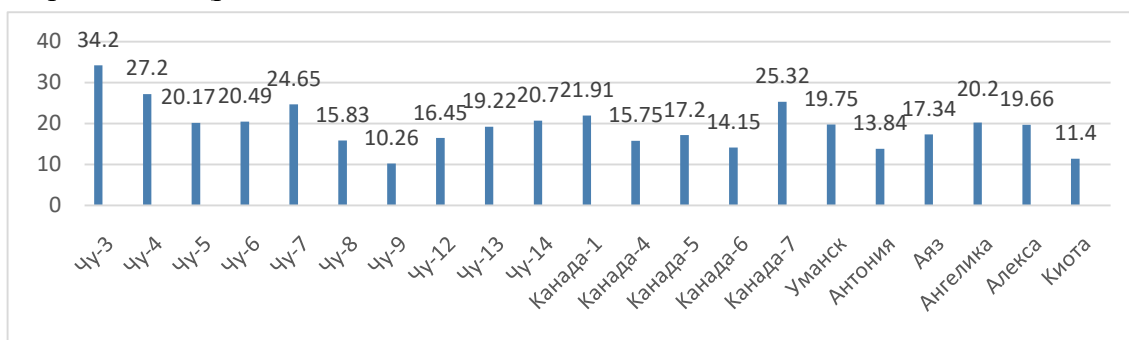
3)  $NS = \frac{(A - B)}{(C - B)} \cdot 100\%$ ; где  $NS$  – относительное содержание воды в листьях (%),  $A$  – содержание воды в листьях на начало эксперимента (г),  $C$  – вес листа в полностью насыщенном состоянии (г),  $B$  – сухой вес листа (г).

Содержание свободного пролина определяли в листьях сортов Чукурова 4, Чукурова 12 и Антония, различающихся по водоудерживающей способности контрольных растений [6]. Содержание пролина измеряли с помощью спектрофотометра (UV-3100 PC) при длине волны 520 нм и вычисляли по калибровочной кривой.

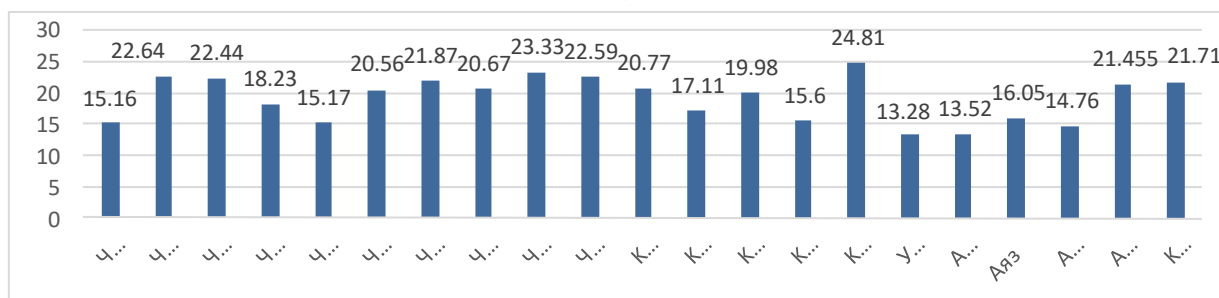
### Результаты и их обсуждение

В оптимальных условиях водный баланс поддерживается за счет того, что в растительном организме испаряемая вода при транспирации уравнивается поглощаемой водой корнями из почвы. По мере повышения температуры воздуха в листьях увеличивается испарение воды из устьиц и таким образом у растений возникает нехватка влаги. Причина возникновения водного дефицита в том, что количество поглощаемой воды значительно меньше испаряемой. Чтобы предотвратить подобное явление, у растений активизируются защитные механизмы: закрываются устьица и повышается водоудерживающая способность [7].

Параметры водного режима сортовых образцов сои определяли в условиях жаркого климата Апшерона. Анализ показателей дефицита воды выявил разницу по этому параметру среди образцов сои (рис. 1).



(1)



(2)

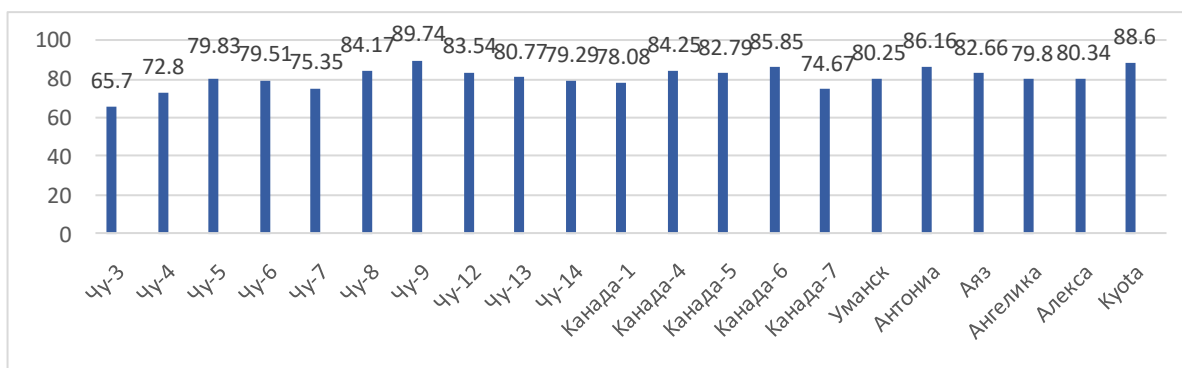
Рис. 1. Показатели дефицита воды в листьях образцов сои (%), 2021 г.

1) контроль; 2) в условиях засухи

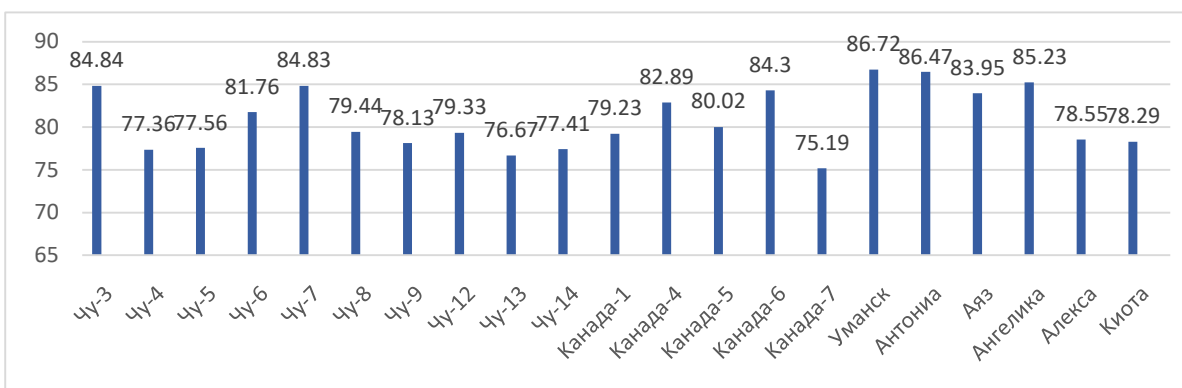
В условиях полива у контрольных образцов сои Чукурова 9, Киота, Антониа и Канада 6 наблюдали низкий дефицит воды – 10,26; 11,45; 13,84 и 14,15%, соответственно. Максимальный дефицит воды продемонстрировали образцы Чукурова 3 (34,2%), высокий дефицит воды – Чукурова 4 (27,2%), Чукурова 7 (24,65%), Канада 7 (25,32%).

При засухе растения сортов Ангелика, Антониа и Уманская характеризовались низкими показателями дефицита воды – 14,76; 13,52 и 13,28%, соответственно. Высокий дефицит воды наблюдался в образцах сортов Чукурова-4, Чукурова-5, Чукурова-13, Канада-7 и составил 22,64; 22,44; 23,33 и 24,81%.

Определение относительного содержания воды в тканях листьев растений сортов сои показало, что в условиях полива у растений контрольных вариантов этот параметр изменялся в интервале от 65,7% (Чукурова 3) до 89,74% (Чукурова 9) (рис.2). Во время засухи этот показатель варьировал в диапазоне 75,19 (Канада – 7) – 86,72 (Уманская). У образцов Чукурова 3, Чукурова 4, Чукурова 6, Чукурова 7, Канада 1, Антониа, Уманская, Аяз, Ангелика зафиксировано увеличение относительного содержания воды в условиях засухи. Сравнительный анализ показал, что во время засухи у растений Чукурова 3 относительное содержание воды оказалось на 19,14% выше контрольного показателя, у растений сорта Чукурова 7 – на 9,1%, у сорта Уманская – на 6,47%. В листьях растений остальных вариантов опыта наблюдалось снижение относительного содержания воды во время засухи.



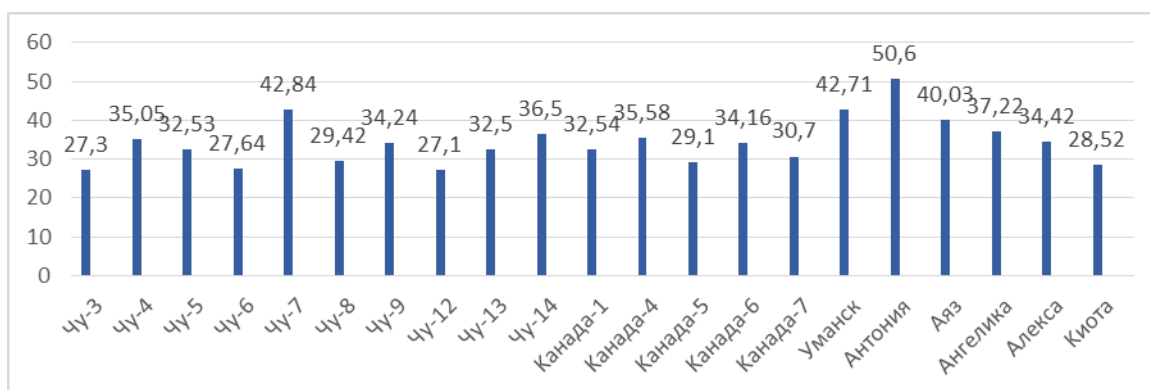
(1)



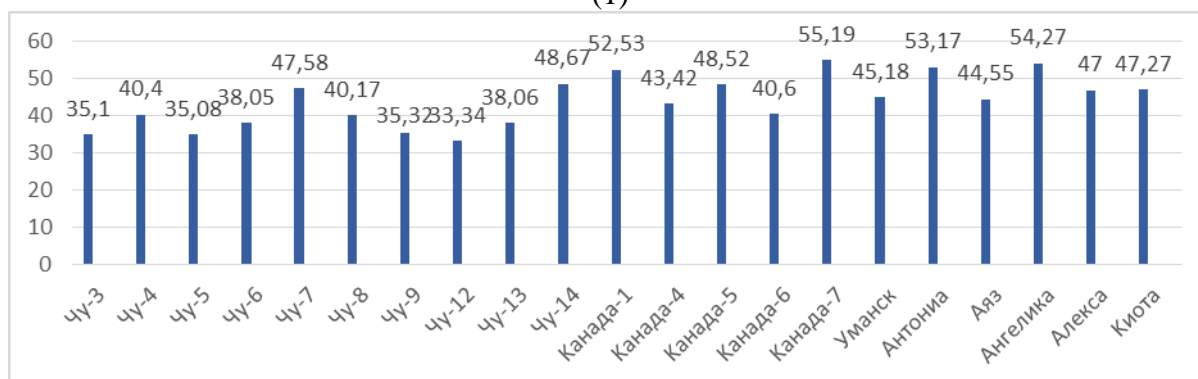
(2)

Рис. 2. Показатели относительного содержания воды в листьях образцов сои (%); 2021 г. 1) контроль; 2) в условиях засухи

По значениям водоудерживающей способности можно судить о том, насколько растения устойчивы к засухе (рис. 3). У контрольных растений водоудерживающая способность колебалась в диапазоне 27,3% (Чукурова 3) – 50,6% (Антония), а в условиях засухи в диапазоне 33,34% (Чукурова 12) – 55,19% (Канада 7). Анализ процентного соотношения водоудерживающей способности растений, подвергнутых засухе, по сравнению с контрольными образцами выявил меньшую потерю воды в листьях сортов Канада 7 (55,19%), Ангелика (54,27%), Антония (53,17%) и Канада 1 (52,53%). При нехватке воды увеличивались водоудерживающая способность и содержание связанной воды с осмотическими соединениями, накапливающихся в клетках. Согласно мнению Е.В.Головиной, у сортов с более высокой степенью устойчивости по мере увеличения засухи усиливается способность удерживать воду в клетках растений [8]. В условиях засухи значения водоудерживающей способности повысились на 4,6-6,0% по сравнению с контролем. Уменьшение потери воды листьями сои в условиях засухи составило 1,1-24,5%. Так, потеря воды относительно контроля в опытном варианте сорта Чукурова 9 уменьшилась на 1,1%, в образцах Чукурова 5, Уманская и Антония на 2,6%, в образцах сорта Аяз на 4,5%, в образцах Чукурова 4 на 9,9%, а в варианте Чукурова 13 на 5,6%. Наименьшая потеря воды относительно контроля наблюдалась в экспериментальном варианте Канада 7 (24,5%).



(1)



(2)

Рис. 3. Показатели водоудерживающей способности в листьях образцов сои (%); 2021-2022гг. 1) контроль; 2) в условиях засухи

На основании значений водоудерживающей способности растений контрольных вариантов, в листьях растений образца с минимальным значением Чукурова 12 (27,1%), максимальным – Антония (50,6%) и со средним показателем Чукурова 4 (35,05%) определяли содержание свободного пролина в условиях засухи. Содержание пролина в листьях растений сорта сои Чукурова 12 составило 9,77  $\mu\text{M}$  /г, в листьях образцов Антония - 11,0  $\mu\text{M}$  /г. У растений сорта Чукурова 4 содержание пролина доходило всего лишь до 3,5  $\mu\text{M}$  /г. Водоудерживающая способность повысилась на 2,57% от контроля в листьях образцов сорта сои Антония, что говорит о меньшей потере воды за 4 часа относительно

контроля. Соответствующая потеря воды была на 5,4% меньше у растений сорта Чукурова 4 и на 6,2% меньше у образцов Чукурова 12 (табл. 1).

Таблица 1

**Параметры водного режима и содержание свободного пролина в листьях сои, 2022 г.**

<b>Чукурова 4</b>		
	контроль (%)	засуха (%)
Относительное содержание воды	72,8	77,36
Дефицит воды	27,2	22,64
Водоудерживающая способность	35,05	40,4
Содержание пролина		3,5µM/g
<b>Чукурова 12</b>		
Относительное содержание воды	83,54	79,33
Дефицит воды	16,45	20,67
Водоудерживающая способность	27,1	33,34
Содержание пролина		9,77µM/g
<b>Антониа</b>		
Относительное содержание воды	86,16	86,47
Дефицит воды	13,84	13,52
Водоудерживающая способность	50,6	53,17
Содержание пролина		11,0 µM/g

**Заключение**

В условиях водного стресса низкий уровень дефицита воды сопровождался высоким относительным содержанием воды у образцов сортов Чукурова 3, Чукурова 7, Канада 4, Канада 6, Антониа, Ангелика. У образцов сои Чукурова 7, Чукурова 14, Канада 1, Канада 5, Канада 7, Уманская, Ангелика, Антониа, Алекса и Киота потеря воды оказалась ниже 45,0%. Учитывая, что для устойчивых сортов в нормальных естественных условиях произрастания характерно содержание относительной воды в тканях от 70,0-80,0% и выше, то образцы со значениями водоудерживающей способности выше 50,0% в условиях засухи, можно считать более устойчивыми: Канада 1, Канада 7, Антониа, Ангелика. Несмотря на несколько низкое значение водоудерживающей способности, образец Чукурова 7 также отличился засухоустойчивостью.

Прослеживается определенная взаимосвязь между содержанием свободного пролина и водоудерживающей способностью тканей листьев (потеря воды в течение 4 часов), относительным содержанием и дефицитом воды. Высокие результаты таких показателей, как содержание свободного пролина, относительное содержание воды и водоудерживающая способность сопровождаются низкими значениями дефицита воды, что указывает на удержание воды в тканях.

**Литература**

1. <https://azsf.az/products/soya>
2. Lobato A., Oliveira Neto C.F., Gomes B.S.F., Borges K. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. *Australian Journal of Science*, 2008, V.2, №1, p. 327-333
3. Ионова Е.В., Некрасов Е.И. Изменение водного режима растений озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник»). //Зернобобовые и крупяные культуры - 2014 - №4 (12), – С.42-45.
4. Kumar TK, Samuel D, Jayaraman G, Srimathi T, and Yu C. The role of proline in the prevention of aggregation during protein folding in vitro. *Biochem Mol Biol Int* - 1998 – V.46 – p. 509–517.
5. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) под ред. Г. В. Удовенко. Л., 1988. ВИР. – 49 с.



6. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 1973.39.:205-207
7. Храмченкова О.М. Физиология растений. Экология водного обмена. – 2016, Чернигов. – 41 с.
8. Головина Е.В., Зотиков В.И., Гришечкин В.В. Водный режим сортов сои северного экотипа и продуктивность // *Зернобобовые и крупяные культуры*, – 2015, – № 2 (14). – С. 37-41.

#### References

1. <https://azsf.az/products/soya>
2. Lobato A., Oliveira Neto C.F., Gomes B.S.F., Borges K. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. *Australian Journal of Science*, 2008, V.2, №1, pp. 327-333
3. Ionova E.V., Nekrasov E.I. Izmenenie vodnogo rezhima rastenii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh provokatsionnogo fona («zasushnik») [Changes in the water regime of winter soft wheat plants under conditions of a provocative background (“dryland”).]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, №4 (12), pp.42-45. (In Russian)
4. Kumar TK, Samuel D, Jayaraman G, Srimathi T, and Yu C. The role of proline in the prevention of aggregation during protein folding in vitro. *Biochem Mol Biol Int*. 1998, V.46, pp. 509–517.
5. Kozhushko N. N. Otsenka zasukhoustoichivosti polevykh kul'tur. Diagnostika ustoichivosti rastenii k stressovym vozdeistviyam (metodicheskoe rukovodstvo) pod red. G. V. Udovenko [Evaluation of drought resistance of field crops. Diagnosis of plant resistance to stress (guideline)]. L., 1988, VIR, 49 p.(In Russian)
6. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. *C.Plant Soil*. 1973, V.39, pp.205-207.
7. Khramchenkova O.M. Fiziologiya rastenii. Ehkologiya vodnogo obmena [Physiology of plants. Ecology of water exchange]. 2016, Chernigov, 41p.
8. Golovina E.V., Zotikov V.I., Grishechkin V.V. Water regime of soybean varieties of northern ecotype and productivity. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, №2 (14), pp.37-41

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ЧЕЧЕВИЦЫ

С.М. ОРЕХОВА, Email: smorekhova@ncfu.ru

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, СТАВРОПОЛЬ

*Целью данной работы является исследование влияния предварительной и постоянной обработки семян бобовых магнитным полем на их всхожесть. Рассмотрены результаты воздействия различных пространственных и временных конфигураций магнитного поля. Обнаружено наиболее благоприятное влияние предварительной обработки в течение 9 минут магнитным полем индукцией 8 мТл, частотой 16 Гц, с направлением силовых линий против силы тяжести на всхожесть семян чечевицы. Установлено, что ускоряет процесс прорастания семян и увеличение их вегетативной массы обработка постоянным магнитным полем индукцией 12 мТл. Выяснено, что ингибирует процесс прорастания влияние магнитного поля частотой 100000 Гц.*

**Ключевые слова:** чечевица, магнитное поле, обработка семян, всхожесть.

**Для цитирования:** Орехова С.М. Влияние магнитного поля различных конфигураций на всхожесть семян чечевицы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 66-73. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-66-73

## EFFECT OF MAGNETIC FIELDS OF DIFFERENT CONFIGURATIONS ON LENTIL SEED GERMINATION

S.M. Orekhova

NORTH-CAUCASUS FEDERAL UNIVERSITY, STAVROPOL'

**Abstract:** *The purpose of this work is to study the effect of preliminary and permanent treatment of legume seeds with a magnetic field on their germination. The results of the influence of various spatial and temporal configurations of the magnetic field are considered. The most favorable effect of pretreatment for 9 minutes by a magnetic field with an induction of 8 mT, a frequency of 16 Hz, with the direction of force lines against gravity on lentil seed germination was found. It was found that treatment with a permanent magnetic field induction of 12 mT accelerates the process of seed germination and increases their vegetative mass. It was found out that a magnetic field with a frequency of 100000 Hz inhibits the germination process.*

**Keywords:** lentil, magnetic field, seed treatment, germination.

### Введение

В настоящее время бобовые культуры широко распространены в пищевой промышленности. В связи с чем, возникает необходимость наиболее оптимального их выращивания. Одним из возможных способов решения данной проблемы является воздействие на семена магнитным полем. Существует несколько гипотез, пытающихся объяснить клеточные реакции магнитного и электромагнитного поля на биологические системы. Первая из них – это магнитное поле может влиять на неспаренные электронные спины пары радикалов таким образом, чтобы изменять выход продуктов реакции, даже несмотря на то, что взаимодействия намного меньше, чем тепловые энергии. Спин-коррелированные пары радикалов – короткоживущие промежуточные продукты в различные химические реакции проходят через когерентное взаимное преобразование или смешивание

между их электронными синглетными (S) и триплетными (T) состояниями. Если пары S и T вступают в реакцию с образованием различных химических продуктов, выходы этих продуктов становятся чувствительными к приложенным магнитным полям, которые изменяют степень и/или эффективность перемешивания ST [1]. Данная гипотеза является наиболее вероятной, исходя из ранее проведенных работ различных исследователей (Адриан, 1977; Герхард, 1969; Каптейн, 1969). Вторая – это ориентация частиц, которые обладают ферромагнитными свойствами (способно спонтанно намагничиваться без внешнего магнитного поля, например Fe) в живых системах. При этом вне зависимости от механизма воздействия магнитного поля было выявлено, что под его воздействием увеличиваются: водопоглощение; содержание некоторых водорастворимых витаминов; скорость диффузии молекул кислорода через клеточную мембрану; усиливается транспорт ионов, что ускоряет развитие растений и способствует повышению всхожести семян; происходит образование свободных радикалов, также при образовании их критического числа происходит ингибирование роста растения и понижение всхожести семян [2-8]. Анализ научных работ указывает на разнообразность результатов данного влияния на процессы эффективности проращивания и роста растений в гетерогенной среде. Внешнее магнитное поле изменяет траектории движения заряженных частиц в структуре семян и в результате может оказать как положительное, так и отрицательное влияние на жизненные процессы в растениях [9]. Корреляция между всхожестью семян и определенной конфигурацией воздействующего на них магнитного поля в настоящее время неполно исследована, в связи с чем, возникает необходимость изучения данного вопроса.

**Цель исследований** – получить аналитические зависимости, характеризующие параметры поля, воздействующего на ферромагнитные частицы и результаты данного влияния.

#### **Материалы и методы исследования**

Для проведения исследования выбраны семена чечевицы алтайской, работа проводилась на протяжении 2022 года. Были проведены серии экспериментов для изучения влияния предварительной обработки семян перед проращиванием и постоянного воздействия на них магнитным полем различных конфигураций на всхожесть, результаты сравнивались с контрольным образцом, пророщенным без дополнительного воздействия. В целях достижения репрезентативности эксперимента каждая серия была повторена на 5 образцах. В представленных материалах анализируется среднее значение. Образцом считается выборка из 20 семян. Конфигурацией магнитного поля в данной работе является: - пространственной – различие направления силовых линий, проходящих через плоскость, в которой располагаются семена, относительно направления силы тяжести; - временной – различие времени предварительной обработки семян. Методика эксперимента, направленного на изучение влияния различных пространственных конфигураций на всхожесть заключалась в следующем: семена чечевицы подверглись воздействию однородного поля, создаваемого электромагнитом (рис. 1.). Для изменения направления силовых линий магнитного поля производилось изменение положения электромагнита в пространстве (поворот).



*Рис. 1. Экспериментальная установка для предварительной обработки семян магнитным полем*

В первой серии экспериментов были заданы следующие неизменяемые параметры обработки:  $B = 8$  мТл,  $t_{об} = 9$  мин, где  $t_{об}$  – время обработки. Использовались следующие экспериментальные группы и соответствующие им параметры:

- экспериментальная группа 1.  $\nu = 16$  Гц, силовые линии направлены против силы тяжести;
- экспериментальная группа 2.  $\nu = 16$  Гц, силовые линии направлены вдоль силы тяжести;
- экспериментальная группа 3.  $\nu = 16$  Гц, силовые линии направлены перпендикулярно силе тяжести;
- экспериментальная группа 4.  $\nu = 100$  Гц, силовые линии направлены против силы тяжести;
- экспериментальная группа 5.  $\nu = 100$  Гц, силовые линии направлены вдоль силы тяжести;
- экспериментальная группа 6.  $\nu = 100$  Гц, силовые линии направлены перпендикулярно силе тяжести;
- экспериментальная группа 7.  $\nu = 100$  кГц, силовые линии направлены против силы тяжести;
- экспериментальная группа 8. Без влияния магнитного поля, контрольная группа.

Затем семена были помещены в гидропонный проращиватель на 54 часа. В течение всего эксперимента определяется всхожесть всех групп по формуле (1):

$$X = \left(\frac{N}{20}\right) * 100\% \quad (1)$$

$X$  – всхожесть семян,  $N$  – количество проросших семян.

Также была проведена серия экспериментов, направленная на изучение влияния различных временных конфигураций магнитного поля на величину всхожести семян. Методика данной серии заключалась в следующем: семена чечевицы подвергались воздействию однородного поля, создаваемого электромагнитом (рис. 1), после этого семена помещались в гидропонный проращиватель на 54 часа. Были заданы следующие постоянные параметры обработки:  $B = 8$  мТл,  $\nu = 16$  Гц, направление силовых линий: против силы тяжести. Использовались следующие экспериментальные группы:

- экспериментальная группа 1.  $t_{об} = 3$  минуты,  $\nu = 16$  Гц;
- экспериментальная группа 2.  $t_{об} = 6$  минут,  $\nu = 16$  Гц;
- экспериментальная группа 3.  $t_{об} = 9$  минут,  $\nu = 16$  Гц;
- экспериментальная группа 4. Без влияния магнитного поля, контрольная группа.

В течение всего эксперимента рост семян контролировался, и определялась всхожесть всех групп по формуле (1). Затем проводился эксперимент по исследованию влияния постоянного воздействия магнитного поля на прорастание семян чечевицы алтайской. Семена были помещены в экспериментальные установки (рис. 2-3), представляющие из себя влажную среду на ниодимовом ( $B = 12,6$  мТл) и ферритовом ( $B = 0,5$  мТл) магнитах соответственно. Использовались следующие экспериментальные группы:

- экспериментальная группа 1. Под влиянием магнитного поля ниодимового магнита,  $B = 12,6$  мТл;
- экспериментальная группа 2. Под влиянием магнитного поля ферритового магнита,  $B = 0,5$  мТл;
- экспериментальная группа 3. Группа во влажной среде без влияния магнитного поля, контрольная группа.



Рис. 2. Экспериментальная установка для постоянной обработки семян магнитным полем неодимового магнита



Рис. 3. Экспериментальная установка для постоянной обработки семян магнитным полем ферритового магнита

Для исключения влияния на эксперимент внешних параметров все образцы находились в одном хорошо освещаемом и проветриваемом месте, но установки располагались на достаточном расстоянии друг от друга, вследствие чего не происходило смешения воздействия магнитных полей установок на образцы, и не нарушалась чистота эксперимента. В течение всего опыта определяется всхожесть всех групп по формуле (1).

#### Результаты и их обсуждение

Результаты исследования влияния предварительной обработки семян магнитным полем различных пространственных конфигураций на их всхожесть представлены в виде средних значений в таблице 1.

Таблица 1

#### Всхожесть семян в зависимости от пространственной конфигурации магнитного поля, 2022 г.

Время проращивания	Номер экспериментальной группы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
24 ч	95 %	55 %	75 %	65 %	30 %	45 %	25 %	50 %
36 ч	100 %	65 %	90 %	80 %	55 %	60 %	45 %	65 %
54 ч	100 %	90 %	100 %	100 %	75 %	85 %	59 %	85 %

Также был проведен дисперсионный анализ данных, полученных по окончании эксперимента, его результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты обработки полученных данных методом дисперсионного анализа, 2022 г.**

Номер экспериментальной группы	Количество проросших семян, шт.	Разность с контрольной группой, шт.	Заключение о существенной разности
1	20	3	Существенная
2	18	1	Несущественная
3	20	3	Существенная
4	20	2	Несущественная
5	15	-2	Несущественная
6	17	-	-
7	12	-5	Существенная
8	17	-	-
НСР <sub>0,5</sub>	-	2	-

В ходе проведенной работы было выявлено, что наиболее благотворно на семена влияет предварительная обработка магнитным полем с параметрами:  $B = 8$  мТл,  $\nu = 16$  Гц, с направлением силовых линий против силы тяжести. При данной предварительной обработке величина всхожести увеличилась в среднем на 15% по прохождении 54 часов от момента помещения в проращиватель, по сравнению с контрольной группой. Также способствует увеличению всхожести предварительная обработка магнитным полем с параметрами:  $B = 8$  мТл,  $\nu = 16$  Гц, силовые линии направлены перпендикулярно силе тяжести. Но данное увеличение несущественно, так как составляет в среднем 5% по прохождении 54 часов от момента помещения в проращиватель, по сравнению с контрольной группой. Было выявлено, что существенное пагубное влияние на семена чечевицы алтайской оказывает магнитное поле  $\nu = 100$  кГц, с направлением силовых линий против силы тяжести при воздействии в течение 9 минут, вследствие чего уменьшается всхожесть семян на 26% через 54 часа. В связи с этим возникла необходимость рассмотреть более продолжительное воздействие магнитным полем данной частоты на семена. Далее было проведено изучение воздействия в течение 30 минут, и выяснено, что такая предварительная обработка вызывает снижение всхожести семян на 35, 45, 50% (по сравнению с контрольной группой) через 24, 36, 54 часов после помещения в проращиватель соответственно. Предположительно, при данной конфигурации магнитного поля происходит ингибирование обильным количеством свободных радикалов, превышающим некоторое критическое значение.

Результаты исследования влияния предварительной обработки семян магнитным полем различных временных конфигураций на их всхожесть представлены в виде средних значений в таблице 3.

Таблица 3

**Всхожесть семян в зависимости от временной конфигурации магнитного поля**

Время проращивания	Номер экспериментальной группы			
	1	2	3	4
24 ч	55 %	69 %	95 %	51 %
36 ч	70 %	90 %	100 %	65 %
54 ч	90 %	100 %	100 %	85 %

В ходе эксперимента было выявлено, что с увеличением времени предварительной обработки семян магнитным полем увеличивается их всхожесть. Также был проведен дисперсионный анализ данных, полученных по окончании эксперимента, его результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Результаты обработки полученных данных методом дисперсионного анализа, 2022 г.**

Номер экспериментальной группы	Количество проросших семян, шт.	Разность с контрольной группой, шт.	Заключение о существенной разности
1	18	1	Несущественная
2	20	3	Существенная
3	20	3	Существенная
4	17	-	-
НСР <sub>0,5</sub>	-	1,5	-

По результатам математической обработки данных рост является существенным. Вследствие чего возникла необходимость проведения эксперимента по постоянному нахождению семян в магнитном поле на протяжении всего времени прорастания. Результаты исследования влияния постоянного воздействия магнитного поля на прорастание семян представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Всхожесть семян в зависимости от величины магнитной индукции магнитного поля, 2022 г.**

Время проращивания	Номер экспериментальной группы		
	1	2	3
24 ч	5 %	2 %	0 %
48 ч	53 %	28 %	21 %
72 ч	65 %	41 %	57 %
96 ч	78 %	55 %	68 %
120 ч	93 %	76 %	85 %

Также был проведен дисперсионный анализ данных, полученных по окончании эксперимента, его результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6.

**Результаты обработки полученных данных методом дисперсионного анализа**

Номер экспериментальной группы	Количество проросших семян, шт.	Разность с контрольной группой, шт.	Заключение о существенной разности
1	19	2	Несущественная
2	15	-2	Несущественная
3	17	-	-
НСР <sub>0,5</sub>	-	2	-

Исходя из данной таблицы можно сделать вывод, что ферритовый магнит с индукцией 0,5 мТл несущественно уменьшает величину всхожести семян, по сравнению с контрольной группой через некоторое время после начала эксперимента. Но вопреки предположению об усилении угнетения всхожести семян в магнитном поле большей индукции неодимового магнита, оно уменьшается. Вследствие данного парадокса был введен дополнительный параметр оценки качества прорастания семян, а именно масса проростков, измеренная на аналитических весах по окончании эксперимента. Полученные данные представлены в таблице 7.

**Вегетативная масса семян в зависимости от величины магнитной индукции  
постоянного магнитного поля  
(экспериментальные значения всех повторностей), 2022 год**

Номер повторности	Номер экспериментальной группы		
	1	2	3
1	0,3754±0,0002 г	0,3029±0,0002 г	0,2708±0,0002 г
2	0,3680±0,0002 г	0,2223±0,0002 г	0,3050±0,0002 г
3	0,4082±0,0002 г	0,3437±0,0002 г	0,2981±0,0002 г
4	0,3326±0,0002 г	0,2978±0,0002 г	0,2563±0,0002 г
5	0,3144±0,0002 г	0,3087±0,0002 г	0,2999±0,0002 г

Анализируя полученные данные можно сказать, что обработка семян постоянным магнитным полем на протяжении всего процесса прорастания ускоряет процесс прорастания и способствует увеличению их вегетативной массы, что видно по таблице 7. Вегетативная масса семян, растущих под воздействием магнитного поля больше, чем вегетативная масса контрольных групп.

**Выводы**

В ходе проделанной работы было выявлено, что наиболее благотворно на семена влияет предварительная обработка в течение 9 минут магнитным полем индукцией 8 мТл, частотой 16 Гц, с направлением силовых линий против силы тяжести, увеличивая их всхожесть на 15%. Также ускоряет процесс прорастания семян и увеличение их вегетативной массы постоянная обработка магнитным полем индукцией 12 мТл на протяжении всего периода проращивания. Но также магнитное поле определенных параметров способно ингибировать процесс роста. А именно магнитное поле с характеристиками:  $\nu = 100$  кГц, направление силовых линий против силы тяжести способствует образованию чрезмерного количества свободных радикалов, что замедляет прорастание семян, снижая их всхожесть на 50% при предварительной обработке в течение 30 минут и на 26% при 9-ти минутной обработке.

*Благодарность. Автор выражает благодарность за помощь в написании данной работы научному руководителю, доктору физико-математических наук, заведующему кафедрой теоретической и математической физики физико-технического факультета СКФУ Закиняну Артуру Робертовичу.*

**Литература**

1. Van D.B. Magnetic field effects on the recombination kinetics of radical pairs // Phys. Chem. – 2014. – № 102. – С. 464-470.
2. Kozyrsky V., Savchenko V. Effect of magnetic field on seeds water absorption // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2014. – №. 194-1. – С. 16-20.
3. Егорова И.В. Влияние обработок зерна пшеницы электромагнитным полем на содержание водорастворимых витаминов // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2014. – № 1. – С. 148-157.
4. Kozyrsky V.V. Influence of a magnetic field on diffusion of molecules through a cellular membrane of seeds of crops // Vestnik VIESH. 2014, №. 2 (15). – С. 16-19.
5. Kozyrsky V.V. Influence of a magnetic field on transport of ions in a cage of plants of cultures // Vestnik VIESH. 2014, №. 3 (16). – С. 18-22.
6. Куценко Ю.Н. Воздействие магнитного поля на ферромагнитные частицы в гетерогенной почвенной среде // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – 2013. – №. 1. – С. 148-157.



### References

1. Van D.B. Magnetic field effects on the recombination kinetics of radical pairs. *Phys. Chem.*, 2014, no. 102, pp.464-470.
2. Kozyrsky V., Savchenko V. Effect of magnetic field on seeds water absorption. *Naukovii visnik NUBiP Ukraïni. Seriya: Tekhnika ta energetika APK*, 2014, no. 194-1, pp. 16-20.
3. Egorova I.V. Vliyanie obrabotok zerna pshenitsy ehlektromagnitnym polem na sodержanie vodorastvorimykh vitaminov [Influence of wheat grain treatment by electromagnetic field on the content of water-soluble vitamins]. *Ratsional'noe pitanie, pishchevye dobavki i biostimulyatory*, 2014, no. 1, pp.148-157. (In Russian)
4. Kozyrsky V.V. Influence of a magnetic field on diffusion of molecules through a cellular membrane of seeds of crops. *Vestnik VIESH*. 2014, no. 2 (15), pp.16-19.
5. Kozyrsky V.V. Influence of a magnetic field on transport of ions in a cage of plants of cultures. *Vestnik VIESH*. 2014, no. 3 (16), pp.18-22.
6. Kutsenko Yu. N. Vozdeistvie magnitnogo polya na ferromagnitnye chastitsy v geterogennoi pochvennoi srede [Effect of a Magnetic Field on Ferromagnetic Particles in a Heterogeneous Soil Environment]. *Visnik Ukraïns'kogo viddilennya Mizhnarodnoï akademii agrarnoi osviti*, 2013, no.1, pp.148-157.

## АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРО–И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГРЕЧИХИ

**З.И. ГЛАЗОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР», ОРЕЛ

*Представлены результаты исследований (2019-2021 гг.) по определению эффективности влияния сроков и способов внесения различных микро–и органоминеральных удобрений на урожайность гречихи. Установлено, что применение испытанных удобрений: Биокмполитт Коррект (3,0 л/га) – внесение в почву; Биостим Старт (0,7 л/т) – предпосевная обработка семян; Биостим зерновой (2,0 л/га) + Биостим Бор (1,0 л/га) – листовая подкормка в период ветвление-бутонизация; Биостим зерновой (2,0 л/га) + Биостим Рост (2,0 л/га) – в период плодообразования обеспечивает наибольшую прибавку урожая зерна на 0,11-0,42 т/га, или на 10,1-29,5%, а также получение условно чистого дохода до 8290 руб./га. Выявлено, что и внесение удобрений в отдельные периоды вегетации гречихи агроэкономически оправдано, дополнительный сбор зерна составил от 0,12 до 0,19 т/га и доход от 4,73 до 5,89 тыс. руб. с гектара.*

*Детальный анализ урожайности гречихи показал, что эффективность действия удобрений находится в тесной зависимости ( $r = 0,93 \pm 0,12$ ) от условий развития культуры, обуславливаемых погодными условиями. В случае неблагоприятного 2019 года доля влияния удобрений варьировала от 2,7 до 6,4%, а в 2021 году этот показатель увеличивается до 15,4-20,5%.*

*Следовательно, для оптимизации минерального питания гречихи в вегетационный период целесообразно использовать удобрения-корректоры, выпускаемые АО «Щёлково-Агрохим», которые могут содержать несколько микроэлементов, а также макро-и мезоэлементы и поэтому быстро устранить дефицит питательных веществ в критические периоды развития.*

**Ключевые слова:** гречиха, микро-и органоминеральные удобрения, некорневые подкормки, прибавка, эффективность, доход.

**Для цитирования:** Глазова З.И. Агроэкономическая эффективность применения микро–и органоминеральных удобрений при выращивании гречихи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 74-82. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-74-82

## AGROECONOMIC EFFICIENCY OF USING MICRO-AND ORGANOMINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF BUCKWHEAT

**Z.I. Glazova**

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

**Abstract:** *The results of studies (2019-2021) to determine the effectiveness of the influence of the timing and methods of applying various micro- and organomineral fertilizers on buckwheat yields are presented. It has been established that the use of tested fertilizers: Biocomposite Correct (3.0 l/ha) - application to the soil; Biostim Start (0.7 l/t) - pre-sowing seed treatment; Grain Biostim (2.0 l/ha) + Biostim Bor (1.0 l/ha) - foliar top dressing during the period of branching-budding; Biostim grain (2.0 l/ha) + Biostim Rost (2.0 l/ha) - during the period of fruit formation provides the*

*largest increase in grain yield by 0.11-0.42 t/ha, or 10.1-29.5%, as well as receiving a conditionally net income of up to 8290 rubles/ha. It was revealed that the application of fertilizers during certain periods of the growing season of buckwheat is agroeconomically justified, the additional grain harvest ranged from 0.12 to 0.19 t/ha and income from 4.73 to 5.89 thousand rubles per hectare.*

*A detailed analysis of the yield of buckwheat showed that the effectiveness of fertilizers is in close dependence ( $r = 0.93 \pm 0.12$ ) on the conditions of crop development, determined by weather conditions. In the event of an unfavorable 2019, the share of the influence of fertilizers varied from 2.7 to 6.4%, and in 2021 this figure increases to 15.4-20.5%.*

*Therefore, in order to optimize the mineral nutrition of buckwheat during the growing season, it is advisable to use corrective fertilizers produced by «Shchelkovo-Agrokhim» JSC, which may contain several microelements, as well as macro- and mesoelements, and therefore quickly eliminate nutrient deficiencies during critical periods of development.*

**Keywords:** buckwheat, micro-and organomineral fertilizers, foliar feeding, increase, efficiency, income.

Гречиха – очень ценная крупяная культура, которая имеет уникальный химический состав, что обуславливает её немаловажное народнохозяйственное значение, а именно – продовольственная и лекарственная ценность, хороший медонос, а также кормовая и агротехническая востребованность (М.М.Анисимова, В.А.Куркин, В.Н.Ежков, 2010; Н.И.Кривцов, 2006; В.В.Чудинов, 2012; Т.А.Анохина, Р.И.Кадыров, Т.Г.Баранян, 2009; В.П.Олешко, 2005; Т.В.Никифорова, М.О.Колобова, 2013; В.М.Важов, 2013).

Несмотря на вышеперечисленные достоинства культуры, производство её существенно отстаёт от нормативного (около 1,0 млн. тонн) показателя, который необходим для удовлетворения потребностей населения страны [1, 2]. Причиной недостаточных валовых сборов зерна гречихи является невысокий уровень урожайности, что обусловлено её биологическими особенностями [3]. Они определяют её повышенную требовательность, как к погодным условиям, так и к обеспеченности достаточным количеством питательных веществ. Известно, что величина формирующегося урожая гречихи примерно от 40 до 70% зависит от климатических условий и на 60% – от удобрений [4, 5].

Следовательно, система удобрений под гречиху должна включать в себя наиболее эффективные способы внесения их с учётом потребности растений в питательных элементах на протяжении всего периода вегетации. Поэтому, в настоящее время для оптимизации минерального питания в вегетационный сезон, наибольшую популярность получили относительно малозатратные способы внесения микро- и органоминеральных удобрений, сбалансированных по соотношению микро- мезо- макроэлементов и регуляторами роста с учётом биологических особенностей культуры [6-8].

Об эффективности специальных видов агрохимикатов и способов их применения свидетельствуют данные исследований, полученные авторами в полевых условиях в различных почвенно-климатических зонах РФ (Е.Н.Чашкова, 2007; А.В.Коротков, 2011). Следует отметить, что и в наших исследованиях, проведённых в 2011 -2018 гг. выявлено, что применение на гречихе комплексных минеральных удобрений из серии Тетрафлекс (Бельгия), Спидфол (ЮАР), Рексолин АВС (Нидерланды), Альфастим, Полидон Био, Полидон Бор, Полидон NP, Полидон Калий Плюс (ООО «Полидон Агро») позволяет получать существенные прибавки урожая зерна при их малозатратности [9].

Известно, что в настоящее время в АО «Щёлково Агрохим» налажен выпуск инновационных продуктов из линейки «ЭКОПЛЮС», которые обладают широким спектром воздействия на растения [10]. Однако, информация об их использовании в современных агротехнологиях при выращивании гречихи, к сожалению, недостаточна.

**Цель исследований** – выявить агроэкономическую эффективность применения новых микро-и органоминеральных удобрений, производимых АО «Щёлково Агрохим», на урожайность гречихи.

### Методика исследований

Влияние сроков и способов внесения различных удобрений изучали в полевых опытах на серой лесной среднесуглинистой средне окультуренной почве. Учётная площадь делянки 9,0 м<sup>2</sup>, повторность – четырёхкратная, размещение рендомизированное. Способ посева – рядовой (15 см) сеялкой СКС-6-10, норма высева для гречихи – 2,5 млн. всхожих семян на 1 га. Исследования проведены на сорте гречихи Даша селекции ФНЦ ЗБК [11].

Срок посева – третья пятитдневка мая. Предпосевная обработка семян проводится за пять дней до посева. Внесение в почву и листовые подкормки проводятся в фазы, указанные в схеме опыта. Способ уборки – прямое комбайнирование: в 2019-2020-2021 гг., соответственно 16.08. – 11.08. – 9.08. после обработки Реглоном (2 л/га, 9.08. – 7.08. – 4.08.) при созревании 87% плодов. Учёт урожая поделяночный. Результаты учёта урожая обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А.Доспехову (1985).

#### Схема опыта:

1. Контроль (без обработок);
2. Предпосевная обработка семян (Биостим Старт – 0,7 л/т; 18.05.2019; 8.05.2020 г.; 11.05.2021 г.);
3. Внесение в почву перед посевом (Биокомпозит–Коррект–3,0 л/га; 23.05.2019 г, 13.05.2020 г.; 16.05.2021 г.);
4. Листовая подкормка в период ветвление–бутонизация (Биостим Зерновой – 2,0 л/га+Биостим Бор–1,0 л/га; 13.06.2019 г., 19.06.2020 г.; 3.06.2021 г.);
5. Листовая подкормка в период плодообразования (Биостим Зерновой – 2,0 л/га + Биостим Рост – 2,0 л/га; 24.06.2019 г., 11.07.2020 г.; 6.07.2021 г.);
6. Вариант 2 + Вариант 3 + Вариант 4 + Вариант 5.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Известно, что величина формирующегося урожая гречихи находится в сильной зависимости от метеорологических условий (от 40 до 70%) в отдельные фазы развития культуры (О.А.Соколов, 1980; З.И.Глазова. 2014).

В связи с тем, что погодные условия вегетационных периодов 2019-2021 годов характеризовались контрастностью метеопказателей по фенофазам гречихи, то ниже приводятся ежегодные данные, как по температурному режиму, так и по количеству осадков.

В 2019 г. посев гречихи проведен 23 мая, при температуре почвы на глубине 0-10 см – 21,3°С и запасе продуктивной влаги - 20,1 мм. Всходы появились 29 мая. Полевая всхожесть составила 92-95% от высеянных семян. Вегетационный период для гречихи был крайне неблагоприятным. Так, экстремальные метеоусловия наблюдались в период всходы - первые две декады цветения, т.е. с 31.05. по 27.06. Температура воздуха в дневные часы варьировала от 24,9°С до 33,3°С, при относительной влажности воздуха от 29 до 46% и неудовлетворительном содержании влаги в почве в слое 0-10 см (7-15 мм). Следовательно, имели место воздушная и почвенная засуха, что отрицательно сказалась на росте растений: высота их в фазу бутонизации составила от 10,4 до 11,9 см, а в фазу массовое цветение от 30,3 до 33,0 см. Вторая и третья декады цветения, период плодообразования и созревания проходили (с 28.06 по 30.07) на фоне пониженного температурного режима (на 0,9-3,0°С меньше среднемноголетней) с резким перепадом дневных (от 26,0 до 30,5°С) и ночных (от 4,2 до 10,0°С) температур, а также при недоборе осадков на 33-38% к норме (от 1.07 до 24.07).

Сложившиеся погодные условия не способствовали полноценному оплодотворению цветков и плодообразованию гречихи, что в итоге сильно снизило ее урожайность от 1,09 до 1,20 т/га (табл. 1).

В 2020 году посев гречихи проведён 13 мая при температуре почвы на глубине 0-5 см – 12,9° и запасе продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см – 43,0 мм. Метеорологические условия за период посев-всходы складывались неблагоприятно: среднесуточная температура воздуха была на 3,8° ниже нормы и варьировала от 6,4 до 15,8°С, а на поверхности почвы – от 0 до 8,0°С. Поэтому всходы появились 29 мая, а полевая всхожесть составила 40-42% от

высеянных семян. Погодные условия периода вегетации от всходов до побурения плодов отличались нестабильным характером. Жаркая (на 5,4°C выше нормы) и сухая погода во второй и третьей декаде июня способствовали более быстрому развитию растений гречихи (цветение 23.06), а тёплая и влажная погода в период цветения - плодообразование (25.06-11.07) способствовали полноценному оплодотворению цветков и наливу плодов, что в итоге благоприятно повлияло на формирование высокой урожайности (2,39-2,81 т/га), что в 2,19-2,34 раза больше, чем в 2019 году.

Следует отметить, что и эффективность изучаемых препаратов была на 0,8-7,6% выше, чем в 2019 г., т.е. прибавка урожая зерна составила от 0,08 до 0,42 т/га. Максимальная урожайность (2,81 т/га) получена при комплексном применении органоминеральных удобрений, т.е. предпосевной обработки семян (Биостим Старт); внесение в почву (Биокомпозит Коррект) и листовых подкормок: в фазу бутонизации (Биостим зерновой + Биостим Бор) и в период плодообразования (Биостим зерновой + Биостим Рост). Одноразовое применение изучаемых удобрений было менее эффективным: урожай зерна составил 2,47-2,64 т/га.

В 2021 г. посев гречихи проведён 16 мая при температуре почвы на глубине 0-5 см 15,4°C и запасе продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см 52 мм. Период посев-всходы был прохладным (среднесуточная температура воздуха варьировала от 12,5 до 18,0°C) и влажным (осадков выпало 109,5% к норме). Поэтому всходы появились 25 мая, а полевая всхожесть составила 74-78% от высеянных семян. Погодные условия периода вегетации гречихи от начала цветения (17.06) до плодообразования (с 29.06 до 20.07) складывались не благоприятно. Жаркая (в дневные часы температура воздуха была от 25,4 до 34,0°C, т.е. на 6,4-7,0°C выше нормы) и сухая (осадков выпало 30,7-55,8% нормы, а влажность воздуха составляла всего 23-41%) погода приводила к засыханию цветков и завязей. В итоге сформировалась урожайность от 1,56 до 2,02 т/га, что, в среднем, на 0,75 т/га меньше, чем в 2020 году (табл. 1).

Известно, что у гречихи в период репродуктивного развития и налива плодов складываются напряжённые донорно-акцепторные отношения между вегетативными и репродуктивными органами в отношении распределения ассимилятов. Наибольшее влияние на формирование урожайности они оказывают в засушливые годы по причине раннего угнетения корневой деятельности, а также реутилизации питательных веществ, аккумулялированных в вегетативных органах (З.И. Глазова, 2014; А.Н. Фесенко и др., 2014).

Анализ биометрических показателей растений гречихи в 2021 г. также свидетельствует о том, что уровень урожайности и эффективность действия изучаемых удобрений находятся в тесной зависимости от погодных условий ( $r = 0,93 \pm 0,12$ ) и в наибольшей степени определяется степенью озернённости отдельного растения (табл. 2). В среднем за три года продуктивность её возросла (на 0,14-0,72 г) на фоне увеличения длины (на 3,5-8,3 см) и массы (на 1,65-2,85 г).

Таблица 1

**Агроэкономическая эффективность применения органоминеральных удобрений при возделывании гречихи**

№ п/п	Варианты	Урожайность, т/га				Прибавка зерна от удобрений, т/га	Долевое участие удобрений в урожае, %	Затраты на удобрения, руб./га	Стоимость прибавки урожая, тыс./руб./га	Условно чистый доход от удобрений, руб./га
		2019	2020	2021	Среднее за 3 года					
1.	Контроль (без обработки)	1,09	2,39	1,56	1,68	–	–	–	–	–
2.	Биостим Старт (0,7 л/т) предпосев. обработка семян	1,12	2,47	1,80	1,80	0,12	7,1	68	4,800	4732
3.	Биокомпозит Коррект (3,0 л/га) – внесение в почву перед посевом	1,14	2,56	1,88	1,86	0,18	10,7	1872	7200	5328
4.	Биостим Зерновой (2,0 л/га) + Биостим Бор (1,0 л/га) - подкормка в период ветвление-бутонизация	1,16	2,57	1,83	1,85	0,17	10,1	1262	6800	5538
5.	Биостим Зерновой (2,0 л/га) + Биостим Рост (2,0 л/га) – подкормка в период плодообразования	1,11	2,64	1,85	1,87	0,19	11,3	1708	7600	5892
6.	Вар.2 + Вар.3 + Вар.4 + Вар.5	1,20	2,81	2,02	2,01	0,33	19,6	4910	13200	8290
	<b>НСР<sub>05</sub> т/га</b>	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>	<b>0,36</b>						

Значимость метеорологических условий вегетационного периода на эти показатели высока. Так в 2020 году длина растений была больше в 1,79-1,92 раза, масса одного растения – на 6,45-12,61 г и зерна с растения – на 3,28-5,19 г, чем в 2019 году. В наименьшей степени урожайность зависит от массы 1000 зёрен, так как в годы исследований она изменялась незначительно – от 0,2 до 0,4 г. (табл. 2).

Детальный анализ урожайности гречихи показал тесную зависимость её от условий развития культуры, обуславливаемых как погодными условиями, а также сроками и способами внесения испытанных удобрений. Но эти факторы действуют не изолированно, а в тесном взаимодействии друг с другом. Поэтому, чтобы исключить влияние внешних условий вегетационного периода была проведена оценка и анализ трёхлетних данных, которые показали, что даже в разнокачественные по погодным условиям годы проведения опытов выявлено положительное влияние различных приёмов использования испытанных агрохимикатов на урожайность гречихи.

В среднем за 3 года прибавка урожая зерна по вариантам составила от 0,12 до 0,33 т/га, или 7,1-19,6% к контролю (табл.1).

Наибольшая урожайность (2,01 т/га, а в 2021 г. – 2,81 т/га) получена при комплексном применении органоминеральных удобрений, т.е. предпосевной обработки семян (Биостим Старт), внесении в почву (Биокомпозит Коррект) и листовых подкормок: в фазу бутонизации (Биостим Зерновой + Биостим Бор) и в период плодообразования (Биостим зерновой + Биостим Рост). В этом варианте прибавка урожая зерна составила 0,33 т/га, или 8290 руб./га чистого дохода. Одноразовое внесение испытанных агрохимикатов в определённые периоды обеспечило увеличение урожая зерна только на 0,12-0,19 т/га и доход от 4732 до 5892 руб./га (табл. 1).

Таблица 2

**Структура урожайности гречихи в зависимости от сроков и способов внесения микро- и органоминеральных удобрений**

Год	2019				K <sub>хоз</sub> , %	2020				K <sub>хоз</sub> , %	2021				K <sub>хоз</sub> , %	Среднее за 2019-2021 гг.				K <sub>хоз</sub> , %
	Длина, см	Масса, г				Длина, см	Масса, г				Длина, см	Масса, г				Длина, см	Масса, г			
		1 раст.	Зерна с 1 раст.	1000 зёрен			1 раст.	Зерна с 1 раст.	1000 зёрен			1 раст.	Зерна с 1 раст.	1000 зёрен			1 раст.	Зерна с 1 раст.	1000 зёрен	
1*	59,0	1,43	0,67	28,1	46	109,3	7,88	3,95	28,3	50	78,7	3,67	1,51	27,8	41	82,3	4,33	2,04	28,1	43
2	60,8	1,57	0,70	28,7	44	112,7	11,95	4,29	29,2	36	84,0	4,13	1,55	27,9	37	85,8	5,88	2,18	28,6	39
3	61,5	1,59	0,73	27,9	46	110,0	11,88	4,48	28,8	38	85,3	4,30	1,56	28,1	36	85,6	5,92	2,26	28,3	40
4	64,0	1,60	0,74	28,9	46	114,0	13,13	4,79	29,5	36	86,0	4,60	1,60	28,2	35	88,0	6,44	2,38	28,9	39
5	62,0	1,62	0,73	29,1	45	115,0	13,72	4,98	29,4	36	86,5	4,50	1,66	28,5	37	87,8	6,61	2,46	29,0	39
6	64,8	1,64	0,78	29,3	47	117,5	14,25	5,97	30,3	42	89,5	4,84	1,74	29,0	36	90,6	6,91	2,83	29,5	42

1\* – Контроль (без обработок)

2 – Биостим Старт (0,7 л/т) – предпосевная обработка

3 – Биокомпозит-Коррект (3,0 л/га) – внесение в почву перед посевом

4 – Биостим зерновой (2,0 л/га + Биостим Бор (1,0 л/га) – подкормка в период «ветвление-бутонизация»

5 – Биостим зерновой (2,0 л/га) + Биостим Рост (2,0 л/га) – в период плодообразования

6 – Вариант 2+3+4+5



### Заключение

Получены трёхлетние (2019-2021 гг.) экспериментальные данные о применении микро- и органоминеральных удобрений, производимых АО «Щёлково Агрохим»: Биостим Старт – для предпосевной обработки семян, Биокомпозит Коррект – для внесения в почву и Биостим Зерновой, Биостим Рост, Биостим Бор, – для листовых подкормок при выращивании гречихи.

Установлено, что даже при разных погодных условиях вегетационных периодов в годы исследований, применение вышеуказанных удобрений обеспечивает увеличение урожайности у гречихи на 0,12-0,33 т/га, (в среднем за три года), т.е. долевое участие их составило от 7,1 до 19,6%.

Определено, что комплексное использование изученных агрохимикатов, т.е. предпосевная обработка семян, внесение в почву и листовые подкормки в технологиях возделывания гречихи способствует получению наибольшей прибавки урожая зерна гречихи (0,33 т/га – 19,6%), а также условно чистого дохода 8290 руб./га. Одноразовое применение удобрений в отдельные фазы развития растений также оказывает положительное влияние на формирование прибавки урожая зерна: т.е. она варьировала у гречихи от 0,12 до 0,19 т/га, а прибыль в стоимостном выражении соответственно составила 4800-7600 руб./га.

Оценка агроэкономической эффективности показала, что использование микро- и органоминеральных удобрений, производимых АО «Щёлково Агрохим» для улучшения питания растений гречихи в период вегетации целесообразно, так как обеспечивает получение условно чистого дохода от 4732 до 8290 руб./га, что эффективно с экономической точки зрения.

### Литература

1. Фесенко А.Н., Мартыненко Г.Е., Селихов С.Н. Производство гречихи в России: состояние и перспективы// Земледелие. – 2012. – № 5. – С. 12-14.
2. Зотиков В.И., Глазова З.И. О повышении эффективности производства зерна гречихи в России // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 1 (13). – С. 75-79.
3. Фесенко А.Н. Селекция детерминантных скороспелых сортов как фактор повышения производства гречихи в России // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 2 (14). – С. 46-52.
4. Пироговская Г.В., Лапа В.В. и др. Рекомендации по возделыванию гречихи на дерново-подзолистых почвах с применением новых форм комплексных удобрений. – Минск, – 2009. – 40 с.
5. Глазова З.И. Урожайность новых сортов гречихи в зависимости от погодных условий и удобрений // Земледелие. – 2014. – № 4. – С. 40-42.
6. Пироговская Г.В. и др. Эффективность комплексных удобрений при возделывании гречихи и их биологическое действие// Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1 (38). – С. 121-128.
7. Специальные удобрения. – М: ГК «Агропром МДТ», – 2012. – 35 с.
8. Адаптивные технологии листовых подкормок. – М: ООО «Полидон Агро», – 2012. – 30 с.
9. Глазова З.И. Эффективность применения органоминеральных комплексов для листовых подкормок гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 101-107. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098
10. Специальные удобрения. – М.: АО «Щёлково Агрохим», – 2018. – 132 с.
11. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур (Авторы: А.А.Полухин, В.И.Зотиков, В.С.Сидоренко, В.И.Панарина С.В.Бобков, Г.А. Бударина, Н.В. Грядунова, А.М.Задорин и др. всего 14 авторов). – Орёл: Картуш. – 2022. – 204 с.

### References

1. Fesenko A.N., Martynenko G.E., Selikhov S.N. Proizvodstvo grechikhi v Rossii: sostoyanie i perspektivy [Buckwheat production in Russia: state and prospects]. Zemledelie, 2012, no. 5, pp. 12-14. (In Russian)

2. Zotikov V.I., Glazova Z.I. O povyshenii effektivnosti proizvodstva zerna grechikhi v Rossii [On Improving the Efficiency of Buckwheat Grain Production in Russia]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2015, no. 1(13), pp. 75-79. (In Russian)
3. Fesenko A.N. Seleksiya determinantnykh skorospelykh sortov kak faktor povysheniya proizvodstva grechikhi v Rossii [Breeding of determinant early maturing varieties as a factor in increasing buckwheat production in Russia]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2015, no. 2(14), pp. 46-52. (In Russian)
4. Pirogovskaya G.V., Lapa V.V. et al. Rekomendatsii po vozdeleyvaniyu grechikhi na dernovo-podzolistykh pochvakh s primeneniem novykh form kompleksnykh udobrenii [Recommendations for the cultivation of buckwheat on soddy-podzolic soils using new forms of complex fertilizers], Minsk, 2009, 40 p. (In Russian)
5. Glazova Z.I. Urozhainost' novykh sortov grechikhi v zavisimosti ot pogodnykh uslovii i udobrenii [Yield of new varieties of buckwheat depending on weather conditions and fertilizers]. Zemledelie, 2014, no. 4, pp. 40-42. (In Russian)
6. Pirogovskaya G.V. et al. Effektivnost' kompleksnykh udobrenii pri vozdeleyvanii grechikhi i ikh biologicheskoe deistvie [The effectiveness of complex fertilizers in the cultivation of buckwheat and their biological effect]. Pochvovedenie i agrokhimiya, 2007, no. 1(38), pp. 121-128. (In Russian)
7. Spetsial'nye udobreniya [Special fertilizers], Moscow, GK «Agroprom MDT», 2012, 35p. (In Russian)
8. Adaptivnye tekhnologii listovykh podkormok [Adaptive foliar technologies], Moscow, OOO «Polidon Agro», 2012, 30 p. (In Russian)
9. Glazova Z.I. Effektivnost' primeneniya organomineral'nykh kompleksov dlya listovykh podkormok grechikhi [The effectiveness of the use of organomineral complexes for foliar feeding of buckwheat]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2019, no. 2(30), pp. 101-107. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098 (In Russian)
10. Spetsial'nye udobreniya [Special fertilizers]. Moscow, AO «Shchelkovo Agrokhim», 2018, 132 p. (In Russian)
11. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Seleksionnye dostizheniya Federal'nogo nauchnogo tsentra zernobobovykh i krupyanykh kul'tur. Katalog sortov [Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog]. Orel, OOO PF «Kartush» Publ., 2022, 204 p. (In Russian)

УДК 633.11

## ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ ГРЕЧИХИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

**Г.П. МАЛЯВКО**, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: gpmalyavko@yandex.ru

**Е.В. СМОЛЬСКИЙ**, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: sev\_84@mail.ru

**В.Ф. ШАПОВАЛОВ** доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: kafeap@bgsha.com

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

*В условиях запада Брянской области на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава провели оценку адаптивных свойств гречихи в зависимости от систем удобрения по параметрам экологической стабильности и пластичности по критерию «урожайность». Изменения урожайности зерна гречихи анализировали в период с 2020 по 2022 год, которые различались по погодным условиям. В результате проведенного исследования установили, что применение минерального удобрения и препарата Альбит повышает адаптацию культуры к условиям среды, при этом соотношение в нем элементов питания играет определенную роль. Условия среды запада Брянской области в период исследований создают незначительную изменчивость урожайности гречихи, применения биопрепарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения делает изменчивость средней. Наибольшая стрессоустойчивость, минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях выявлены на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при применении минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{120}$ . Использование минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культуры на изменения среды.*

**Ключевые слова:** гречиха, адаптивность, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, условия среды, система удобрения.

**Для цитирования:** Малявко Г.П., Смольский Е.В., Шаповалов В.Ф. Потенциал продуктивности гречихи в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 83-88. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-83-88

## BUCKWHEAT PRODUCTIVITY POTENTIAL DEPENDING ON MINERAL FERTILIZER IN SOD-PODZOLIC SOILS

**Malyavko G.P., Smolsky E.V., Shapovalov V.F.**

FSBEI HE «BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

**Abstract:** *In the conditions of the west of the Bryansk region, on sod-podzolic soils of light grain size distribution, the adaptive properties of buckwheat were assessed depending on fertilizer systems in terms of environmental stability and plasticity according to the "yield" criterion. Changes in the yield of buckwheat grains were analyzed in the period from 2020 to 2022, which differed in weather conditions. As a result of the study, it was found that the use of mineral fertilizer and Albit increases the adaptation of the culture to environmental conditions, while the ratio of nutrients in it plays a role. The environment of the west of the Bryansk region during the research period creates insignificant variability in buckwheat yield, the use of Albit biologics and phosphate-potassium fertilizer makes variability average. The greatest stress resistance, the minimum value of the yield range under contrast conditions was revealed on the option without the use of fertilizer,*

*and the greatest crop stability under experimental conditions was observed when using mineral fertilizer in a dose of  $N_{60}P_{60}K_{120}$ . The use of mineral fertilizer enhances stability and reduces the responsiveness of crops to environmental changes.*

**Keywords:** buckwheat, adaptability, stability, plasticity, stress resistance, environmental conditions, fertilizer system.

### Введение

Важнейшей и основополагающей задачей стоящей перед сельхозпроизводителями является продовольственная безопасность страны. В центральном Нечерноземье решение данной задачи должно обеспечиваться в основном за счет интенсификации растениеводства с учетом применения адаптированных, научно-обоснованных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур с учетом ресурсосбережения и экологизации производства [1-3].

Реально увеличить объемы производства зерна гречихи на основе повышения урожайности при применении современные средства химизации, включающих биологически активные препараты, регулирующие и стимулирующие протекание ростовых и синтетических процессов в растениях и повышающих адаптивность растений в стрессовых ситуациях [4, 5]. При этом знание потенциала адаптивности культуры в условиях региона возделывания необходимо для правильного подбора соотношения элементов питания в систему удобрения [6].

Параметры экологической пластичности и стабильности были рассчитаны для различных сельскохозяйственных культур, при этом получены данные о реализации потенциала урожайности гречихи, которые подтверждают возможность использования данных методик для экологической оценки применения минерального удобрения в технологии возделывания зерновых и крупяных культур [7, 8].

**Цель исследования** – оценить адаптивные свойства гречихи по параметрам экологической стабильности и пластичности и действие на них систем удобрения в условиях запада Брянской области, используя параметр «урожайность».

### Методика исследований

Полевые исследования проведены в период с 2020 по 2022 год на опытном поле Новозыбковского филиала ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, расположенного в западной части Брянской области, анализ и расчеты экологических показателей на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая рыхлопесчаная, с содержанием органического вещества 1,7-1,9% (по Тюрину), подвижного фосфора и калия соответственно 366-385 и 68-84 мг/кг почвы (по Кирсанову), обменная кислотность – 6,1-6,4 ед. Плотность радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории 328-360 кБк/м<sup>2</sup>. Расположение делянок систематическое, повторность – трёхкратная, площадь опытной делянки 90 м<sup>2</sup>. Объект исследования сорт гречихи Девятка, норма высева 4,5 млн/га всхожих семян. Агротехника возделывания гречихи общепринятая для зоны исследований, способ посева – рядовой во второй декаде мая. Минеральные удобрения вносили вручную, калий хлористый под зяблевую вспашку, аммиачную селитру и суперфосфат двойной гранулированный под предпосевную обработку почвы. Схема опыта включала следующие варианты внесения минерального удобрения (табл. 2). Уборку урожая проводили в фазу созревания гречихи комбайном «Сампо 500» поделяночно, методом прямого комбайнирования. Учёт урожая весовой, с приведением урожайности зерна к 100% чистоте и стандартной влажности.

Альбит (д. в. поли-бета-гидроксимасляной кислоты, 29,8 г/кг магния сернокислого, 91,1 г/кг калия фосфорнокислого двузамещённого, 91,2 г/кг калия азотнокислого, 181,5 г/кг карбонита) с нормой 50 мл/га вносили в фазу бутонизации.

В результате аварии на ЧАЭС территория запада Брянской области была загрязнена искусственными радионуклидами, поэтому изучали удобрение гречихи, в котором доля калийного удобрения по отношению к азотному была увеличена, так как в современной

литературе установлена ведущая роль калия в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в зерне [9].

Индекс условий среды и показатели экологической пластичности: стабильность ( $\text{Sd}^2$ ) и пластичность ( $\text{bi}$ ) определяли по Эберхарту и Расселлу, стрессоустойчивость по А.А. Гончаренко, размах урожайности ( $\text{d}$ ) – по В.А. Зыкину [10], коэффициент вариации ( $\text{V}$ ) – по Б.А. Доспехову [11].

Климат Брянской области умеренно теплый и влажный. Средняя температура воздуха самого холодного месяца от  $-7,3$  до  $-8,9^\circ\text{C}$ , а наиболее теплого от  $18,0$  до  $19,5^\circ\text{C}$ . Вегетационный период длится 136–154 дня, сумма активных температур составляет  $2150\text{--}2450^\circ\text{C}$ . По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения. Годовая сумма осадков составляет 530–655 мм. Из годового количества осадков на холодный период приходится примерно 30-35%, а на теплый – 60-70%. Минимум месячных сумм осадков приходится на февраль–март, максимум на июль. Две трети осадков в году выпадает в виде дождя, одна треть – в виде снега. Гидротермический коэффициент равен 1,3-1,4.

Агроклиматические ресурсы территории исследования (табл. 1) получены на метеорологическом посту Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса».

Температурный режим периода исследований колебался как по месяцам, так и по годам исследований, наиболее теплый период исследований наблюдали в 2020 году, когда средняя температура вегетации была равна  $17,1^\circ\text{C}$ .

Таблица 1

**Среднее значение агроклиматических показателей вегетации по периодам исследования**

Месяц Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Вегетационный период
Температура воздуха, $^\circ\text{C}$							
2020	9,2	13,1	23,6	20,8	20,8	14,8	17,1
2021	7,3	13,0	20,2	23,1	19,1	10,7	15,6
2022	8,5	14,5	22,4	18,5	20,9	11,8	16,1
Количество выпавших осадков, мм							
2020	27	88	74	51	48	45	333
2021	60	37	74	66	64	56	357
2022	27	55	59	65	36	59	301

По количеству осадков наиболее влажный период исследований наблюдали в 2021 году, когда количество выпавших осадков за вегетацию было равно 357 мм, а наиболее засушливый – 2022 год.

**Результаты исследований**

Гречиха характеризуется широкими адаптивными свойствами, о чём свидетельствуют ареалы её возделывания в России. Разнообразие погодных условий за годы исследования в течение вегетационного периода позволяет объективно оценить уровень варьирования урожайности зерна в зависимости от сложившихся абиотических условий среды.

Индекс условий среды по годам исследования варьировал от  $-0,96$  до  $0,66$ . Установили, что наиболее благоприятные условия среды для получения высокой урожайности гречихи были в 2020 и 2022 годах, а наиболее неблагоприятные в 2021 году (табл. 2).

Потенциал урожайности гречиха реализовала в зависимости от условий среды и применения минерального удобрения, оптимальным считается, когда культура имеет коэффициент адаптации ( $\text{K}_A$ ) больше 1, который свидетельствует о способности давать стабильно высокие урожаи в конкретных условиях произрастания. На дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях запада Брянской области наибольшую адаптацию ( $\text{K}_A = 1,32$ ) наблюдали при использовании минерального удобрения в дозе N60P60K120. Установили, что применение минерального удобрения повышало потенциал реализации урожайности, при этом

наблюдали, оптимальное в минеральном удобрении соотношение азота к калию как 1 к 2, по-видимому, сказывается недостаток калия в почве (табл. 2).

Таблица 2

**Потенциал урожайности гречихи в условиях запада Брянской области**

Вариант	Урожайность, ц/га			Средняя	K <sub>A</sub>	V, %
	2020	2021	2022			
Без удобрения	6,2	5,8	6,7	6,2	0,60	7,2
Альбит	7,9	6,5	8,7	7,7	0,74	14,5
P60K60	9,6	7,4	9,8	8,9	0,86	14,9
N60P60K60	12,6	11,8	13,4	12,6	1,21	6,3
N60P60K90	13,8	12,4	13,7	13,3	1,28	5,9
N60P60K120	14,3	12,9	14,2	13,8	1,32	5,7
<i>Средняя за год</i>	10,7	9,5	11,1			
<i>Индекс условий среды</i>	0,31	-0,96	0,66			

Коэффициент вариации (V) урожайности гречихи колебался от 5,7 до 14,9% в зависимости от погодных условий и систем удобрения, по методике опытного дела принято считать изменчивость незначительной, если  $V < 10\%$ , средней, если  $10\% < V < 20\%$ , и значительной, если  $V > 20\%$  [11]. Природно-климатические условия запада Брянской области влияют на изменения урожайности гречихи незначительно ( $V = 7,2\%$ ), применение препарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения повышает этот показатель до средней изменчивости. Установили, что при применении полного минерального удобрения показатель изменчивости снижается до незначительного, при этом наблюдали тенденцию к снижению показателя с ростом соотношения в минеральном удобрении калия к азоту (табл. 2).

Показатель стрессоустойчивости ( $y_{\min} - y_{\max}$ ) имеет отрицательное значение, чем меньше разрыв максимальной и минимальной урожайности, тем выше стрессоустойчивость культуры. Стрессоустойчивость гречихи сорта Девятка при возделывании в условиях эксперимента находится на уровне -0,9. Установили, что при использовании в технологии возделывания гречихи препарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения стрессоустойчивость снижается от -2,2 до -2,4, при применении полного минерального удобрения находится в пределах -1,4 до -1,6, при этом наблюдали тенденцию к снижению показателя с ростом соотношения в минеральном удобрении калия к азоту (табл. 3).

Компенсационная способность гибкости гречихи отражает показатель средней урожайности в контрастных условиях  $(y_{\min} + y_{\max}) / 2$ , при котором, чем выше степень соответствия между культурой и различными факторами среды, тем выше этот показатель. Наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях сформировался при возделывании гречихи с применением минерального удобрения в дозах N60P60K120 (13,6) и N60P60K90 (13,3) (табл. 3).

Таблица 3

**Стрессоустойчивость и адаптивность гречихи в условиях запада Брянской области**

Вариант	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b <sub>i</sub>	S <sup>2</sup>
Без удобрения	-0,9	6,3	13,4	0,49	0,06
Альбит	-2,2	7,6	25,3	1,29	0,06
P60K60	-2,4	8,6	24,5	1,55	0,06
N60P60K60	-1,6	12,6	11,9	0,89	0,12
N60P60K90	-1,4	13,1	10,1	0,88	0,09
N60P60K120	-1,4	13,6	9,8	0,88	0,09

Размах урожайности ( $d$ ) это отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры к максимальной урожайности, выраженной в процентах, чем ниже этот показатель, тем стабильнее урожайность культуры в конкретных условиях. Минимальное значение размаха урожайности от 9,8 до 11,9 выявлено при применении полного минерального удобрения, при этом наблюдали тенденцию к снижению показателя с ростом соотношения в минеральном удобрении калия к азоту.

Стабильность ( $Sd^2$ ) – это устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать стабильный, но не очень высокий урожай в любых условиях. Стабильность является синонимом пластичности, чем меньше отклонение фактических урожаев от теоретических, тем стабильнее культура [10]. В изучаемом наборе доз удобрения в технологии возделывания гречихи наибольшая стабильность урожайности выявлена при использовании препарата Альбит и минерального удобрения в дозе P60K60.

Коэффициент экологической пластичности ( $b_i$ ) это отзывчивость культур на изменение условий возделывания. Он принимает значения больше, меньше или равным единице. Если значение  $b_i \geq 1$ , значит, культура обладает большей отзывчивостью. В случае  $b_i \leq 1$  культура реагирует слабее на изменение условий среды. При условии  $b_i = 1$  имеется полное соответствие изменения урожайности изменению условий возделывания [10].

Наибольшую отзывчивость гречихи на изменения условий среды обнаружили при применении в технологии возделывания препарата Альбит и минерального удобрения в дозе P60K60, а также на варианте без применения удобрения. При применении полного минерального удобрения в дозе от N60P60K60 до N60P60K120 показатель урожайности менее всего реагировал на изменения условий среды.

Наиболее ценны те культуры, у которых  $b_i > 1$ , а  $Sd^2$  стремится к 0, такие культуры относятся к высокоинтенсивным, они отзывчивы на улучшения условий и характеризуются стабильной урожайностью. Культуры с высокими показателями  $b_i$  и  $Sd^2$  менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, а культур, у которых  $b_i < 1$  и близкий к 0 показатель  $Sd^2$ , слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности [10].

Наиболее высокоинтенсивной культура гречихи является при применении препарата Альбит и минерального удобрения в дозе P60K60, при такой системе удобрения гречиха отзывчива на улучшения условий и характеризуются стабильной урожайностью. Слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую и стабильную урожайность при применении полного минерального удобрения в дозах N90P90K60-120.

### Заключение

Проведя полную оценку адаптивных свойств гречихи по параметрам экологической стабильности и пластичности и действия на них минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв запада Брянской области, используя критерий «урожайность» установили:

– увеличение адаптации к условиям среды возможно повысить за счет применения минерального удобрения и препарата Альбит, при этом соотношение в нем элементов питания играет определенную роль;

– условия запада Брянской области в период исследований создают незначительную изменчивость урожайности гречихи, применение биопрепарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения делает изменчивость средней, применение полного минерального удобрения делает изменчивость незначительной;

– наибольшая стрессоустойчивость, минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях выявлены на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при применении минерального удобрения в дозе N60P60K120; 4) применение минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культуры на изменения среды.

### Литература

1. Зотиков В.И. Зернобобовые и крупяные культуры – актуальное направление повышения качества продукции // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3 (23). – С. 23-28.
2. Пospelова И.Н. Ретроспектива и современное состояние производства гречихи // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 9-2. – С. 36-39.
3. Мельникова О.В., Ториков В.Е., Репникова В.И., Мельников Д.М. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях юго-запада центрального региона России // Вестник БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 3-8.
4. 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: 10.24411/2300-348X-2020-11198
5. Глазова З.И. Оценка действия специальных удобрений АО «Шёлково Агрохим» при разных способах их применения на урожайность гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3. – С. 74-79. DOI: 10.24411/2300-348X-2021-3-74-79
6. Чесалин С.Ф., Смольский Е.В., Нечаев М.М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в условиях запада Брянской области // Вестник НГАУ. – 2021. – № 1. – С. 64-74.
7. Мамеев В.В., Ториков В.Е. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1. – С. 55-62.
8. Ториков В.Е., Котиков М.В., Осипов А.А., Седов В.В. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения // Вестник БГСХА, 2020, № 3. – С. 26-32.
9. Панов А.В., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Исамов Н.Н., Цыгвинцев П.Н. Реабилитация сельскохозяйственных земель при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 3. – С. 46-50.
10. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. – Уфа, 2011. – 99 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

### References

1. Zotikov V.I. Zernobobovye i krupyanye kul'tury - aktual'noe napravlenie povysheniya kachestva produktsii [Leguminous and cereal crops - the current direction of improving the quality of products]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2017, no. 3 (23), pp.23-28. (In Russian)
2. Pospelova I.N. Retrospektiva i sovremennoe sostoyanie proizvodstva grechikhi: Ekonomika i biznes: teoriya i praktika [Retrospective and the current state of buckwheat production]. *Economics and business: theory and practice*, 2020, no. 9-2, pp.36-39. (In Russian)
3. Melnikova O.V., Torikov V.E., Repnikova V.I., Melnikov D.M. Printsipy resursosberegayushchikh tekhnologii vzdelyvaniya zernovykh kul'tur v usloviyakh yugo-zapada tsentral'nogo regiona Rossii [Principles of resource-saving technologies for cultivating grain crops in the south-west of the central region of Russia]. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2022, no. 2, pp.3-8. (In Russian)
4. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Razvitie proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii na osnove ispol'zovaniya selektsionnykh dostizhenii [Development of the production of leguminous and cereal crops in Russia based on the use of breeding achievements]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 4 (36), pp.5-17. DOI: 10.24411/2300-348X-2020-11198 (In Russian)
5. Glazova Z.I. Otsenka deistviya spetsial'nykh udobrenii AO "Shchelkovo agrokhim" pri raznykh sposobakh ikh primeneniya na urozhainost' grechikhi [Assessment of the effect of special fertilizers of Shchelkovo Agrochim JSC in various ways of their use on the yield of buckwheat]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 3, pp.74-79. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-74-79 (In Russian)
6. Chesalin S.F., Smolsky E.V., Nechaev M.M. Realizatsiya potentsiala produktivnosti kormovykh kul'tur v usloviyakh zapada Bryanskoi oblasti [Realizing the potential for productivity of feed crops in the west of the Bryansk region]. *Bulletin of the NGAU*, 2021, no. 1, pp.64-74. (In Russian)
7. Mameev V.V., Torikov V.E. Rol' sorta v povyshenii effektivnosti proizvodstva zerna ozimoi pshenitsy v usloviyakh serykh lesnykh pochv Bryanskoi oblasti [The role of the variety in increasing the efficiency of winter wheat grain production in gray forest soils of the Bryansk region]. *Agricultural Bulletin of the Upper Volga Region*, 2020, no. 1, pp.55-62. (In Russian)
8. Torikov V.E., Kotikov M.V., Osipov A.A., Sedov V.V. Adaptivnyi i produktivnyi potentsial sortov kartofelya novogo pokoleniya [Adaptive and productive potential of new generation potato varieties]. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2020, no. 3, pp.26-32. (In Russian)
9. Panov A.V., Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Isamov N.N., Tsygvintsev P.N. Reabilitatsiya sel'skokhozyaistvennykh zemel' pri masshtabnom radioaktivnom zagryaznenii (k 35-letiyu avarii na Chernobyl'skoi AES) [Rehabilitation of agricultural land in case of large-scale radioactive pollution (to the 35th anniversary of the Chernobyl accident)]. *Russian agricultural science*, 2021, no. 3, pp.46-50. (In Russian)
10. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Islamgulov D.R. Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii [Methodology for calculating and evaluating parameters of ecological plasticity of agricultural plants], Ufa, 2011, 99 p. (In Russian)
11. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experience methodology], Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. (In Russian)



**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИЗУЧЕНИЯ  
ГЕНОФОНДА ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*)**

**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

**Т.В. СВИРИДЕНКО**, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-0250-4846

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

*В статье приведены краткие сведения исторического развития культуры люпина белого (*Lupinus albus L.*), результаты селекционной работы в разных странах мира. Люпин является богатым источником высококачественного растительного белка для кормопроизводства. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений РФ зарегистрировано 14 сортов люпина белого, из них 8 – селекции ВНИИ люпина (в том числе 3 – совместно с РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева). Все они являются кормовыми, с содержанием белка в зерне 36-38%. Скрининг генофонда люпина белого позволяет выявлять образцы по отдельным признакам, превосходящим стандарт. Во Всероссийском НИИ люпина генофонд люпина белого представлен образцами отечественной и мировой селекции в количестве 150 номеров. Исследования проводились на опытном поле ВНИИ люпина (Брянская область) в период 2016-2020 гг. Работа с коллекционным материалом проводилась по методике ВИР «Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение». Выделены образцы, характеризующиеся высокой зерновой продуктивностью и образцы с содержанием сырого протеина в зерне выше 40%. Они используются в селекционной работе и вовлекаются в скрещивания в качестве источников отдельных или комплекса хозяйственно-биологических признаков.*

**Ключевые слова:** люпин белый, сорт, селекция, источник, признак, кормовой растительный белок, зерновая продуктивность.

**Для цитирования:** Лукашевич М.И., Селиванова М.Е., Свириденко Т.В. Актуальные направления изучения генофонда люпина белого (*Lupinus albus L.*). *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 89-95. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-89-95

**CURRENT TRENDS OF RESEARCH OF WHITE LUPIN (*LUPINUS ALBUS L.*)  
GENEBANK**

**M.I. Lukashevitch, M.E. Selivanova, T.V. Sviridenko**

ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN – BRANCH OF THE FEDERAL  
WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGY,  
2, Berezovaya Street, Bryansk region, Bryansk district, p/o Mitchurinskiy, 241524, Russia

\*E-mail: lupin.albus2021@mail.ru

**Abstract:** *The article presents brief information concerning the historical development of white lupin (*Lupinus albus L.*) as a crop and results of its breeding around the world. Lupin is a*

*reach source of plant protein of high quality for feed production. Nowadays 14 white lupin varieties have been listed in the State Register for Breeding Achievements in the Russian Federation; 8 of them have been developed in the All-Russian Research Institute of Lupin (3 including – jointly with the K.A. Timiryazev's Russian State Agricultural Academy). All of them are used as feeds; the seed protein content makes 36-38%. Screening of white lupin genebank allows select lines for the characters surpassing the standard. The lupin genebank of the All-Russian Research Institute of Lupin consists of native and world lupin breeding lines. The tests were done on the experimental field of the Institute (Bryansk region) in 2016-2020. VIR method "VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying" was used in the work. Lines with high grain productivity and lines with seed protein content higher than 40% were selected. They are used in breeding work and in hybridization as the sources of single or of complex of economic-and-biological characters*

**Keywords:** white lupin, variety, breeding, source, character, forage plant protein, seed productivity.

### Введение

Люпин – древняя культура. Первые упоминания о нем как о культуре, имеющей сидеральное, пищевое и кормовое назначение, по данным археологических раскопок, датируются 2000 гг. до н.э. Первым в земледелии Старого Света был освоен люпин белый (*Lupinus albus* L.). Семена люпина были обнаружены в гробницах египетских фараонов. В ряде сочинений древнегреческих и древнеримских философов люпин описывается под названием «термис», включающим в себя два современных ботанических вида – *L. albus* и *L. termis* Forsk., распространенных в Средиземноморье в диком и культурном состоянии (Б.М. Либкинд, 1931). В пищу употреблялись вымоченные в проточной воде и прошедшие термическую обработку подсолненные семена люпина. Гиппократ (460-360 гг. до н.э.), Галеол (129-192 гг. н.э.) и Диоскорид (I в. н.э.) упоминали люпин, как медицинское лечебное средство и в качестве сырья для приготовления косметических препаратов.

Во Франции первым был введен в культуру белый люпин, где он широко использовался как сидеральное удобрение под виноградники. В Германию белый люпин попал из Италии, но его использование не получило широкого применения из-за неподходящих климатических условий, не позволяющих раскрыть потенциал культуры. В то же время нишу зеленого удобрения в странах Европы и СССР стали занимать другие виды люпина – узколистный и желтый, менее требовательные к почвенному плодородию и с более коротким вегетационным периодом. В СССР белый люпин встречался лишь в субтропиках Грузии под названием «ханчколи» (пер. – горький боб).

Выделение в 1926-1928 гг. немецким исследователем Зенгбушем первых малоалкалоидных растений люпина подтолкнуло развитие селекции кормового люпина. В 1932 г. биохимическая лаборатория ВИР под руководством проф. Н.Н. Иванова независимо от других разработала простой и доступный метод нахождения безалкалоидных форм, что позволило позднее обнаружить малоалкалоидные семена в образцах белого люпина (Н.И. Шарапов, 1935)].

Белый люпин характеризовался неограниченным типом роста растений, что обуславливало растянутый вегетационный период. Это ограничивало получение собственного семенного материала во многих климатических зонах. В странах с мягким климатом применялся подзимний посев люпина. В условиях нашей страны перед селекционерами стояла задача получения скороспелых сортов люпина белого.

Большая селекционная работа с использованием метода мутагенеза была проведена В.И. Головченко в Украинском НИИ земледелия, в результате чего были получены относительно скороспелые сорта белого кормового люпина – Киевский скороспелый, Киевский мутант и другие с содержанием белка в зерне 38-42% (В.И. Головченко, 1977). Одновременно велась селекция на скороспелость белого люпина. В России профессором Г.Г. Гатаулиной в МСХА им. К.А. Тимирязева получены первые сорта с ограниченным типом роста, устойчиво созревающие в условиях Центрально-Черноземного региона – Старт,

Мановицкий, Гамма, Дельта, Дега, Детер 1 [1, 2]. Интенсивная селекционная работа с белым люпином ведется в Австралии, Бразилии, Египте, европейских странах [3, 4, 5, 6].

В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений РФ зарегистрировано 14 кормовых сортов люпина белого [7].

Качественные характеристики зерна современных кормовых сортов люпина белого позволяют заменить дорогостоящую трансгенную импортную сою на зерно люпина отечественного производства (содержание белка 32-42%, жира 8-12%). Урожай зерна достигает 4-5 т/га [8]. В условиях возрастающих требований сельскохозяйственных товаропроизводителей к качеству производимой продукции, её себестоимости остается актуальным вопрос конкурентоспособности люпина. В связи с этим возникает необходимость расширения сортимента и улучшения его качественных характеристик. Таким образом, в настоящее время селекция люпина белого ведется по следующим основным направлениям: повышение потенциала зерновой продуктивности, оптимальный вегетационный период (110-120 дней), комплексная устойчивость к наиболее опасным для люпина заболеваниям – антракнозу и фузариозу, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию, селекция на улучшение качества продукции.

Одним из путей решения поставленных задач является использование имеющегося генофонда. Н.И. Вавилов рассматривал широкое использование генофонда растений как генетическую основу селекции. Современный генофонд люпина, представленный в ВИРе, насчитывает 2930 образцов 51 вида люпина, из них 497 образцов люпина белого [9].

*Цель исследований* – скрининг генофонда люпина белого для выявления генетических источников хозяйственно ценных признаков для использования их в селекционной работе.

#### **Материал и методика исследований**

Исследования проводились на опытном поле ВНИИ люпина (Брянская область) в период 2016-2020 гг. Почва опытных участков серая лесная, легкосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое 2,0-2,4%, подвижного фосфора 16-18 мг/100 г, обменного калия 14-16 мг/100 г почвы, рН 5,4-5,7.

Рабочая коллекция белого люпина включает 150 номеров, представленных образцами отечественной и мировой селекции, а также лучшими номерами селекции ВНИИ люпина. Часть образцов предоставлена Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Генофонд ВИРа включает образцы из Палестины, Греции, Эфиопии, Египта, Испании, Италии, Португалии, Польши, Франции и других стран (семена собственной репродукции). Стандартом служил включенный в Госреестр селекционных достижений РФ кормовой скороспелый, фузариозоустойчивый сорт Мичуринский.

Работа с коллекционным материалом проводилась по методике ВИР [10]. Выполнялась оценка по темпам роста, подробное ботанико-морфологическое описание каждого образца (тип растения, окраска листа, цветков и т.д.) и полученного семенного материала. Для выявления высокопродуктивных образцов выполнен учет структуры продуктивности по 20 растениям. Большинство образцов из генофонда ВИР являются алкалоидными, их репродукция осложняется также неустойчивостью к опасным для люпина заболеваниям – антракнозу и фузариозу. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Statistica 6.0.

#### **Результаты и их обсуждение**

Высота растений изученных образцов в среднем за годы исследований варьировала от 56,1 см у стандарта Мичуринский до 86,8 см у образца к-3682 (Португалия). На рисунке наглядно показано, что интродуцированные образцы более высокорослые по сравнению со стандартом. Так, наивысшие средние значения по высоте растений составляют 94,2-98,7 см и наблюдаются у образцов к-484 (Эфиопия), к-3682 (Португалия), к-298 (Палестина) и к-1600 (Италия). Наибольший размах выборки за период изучения 62,0-94,2 см у образца к-1600 (Италия).

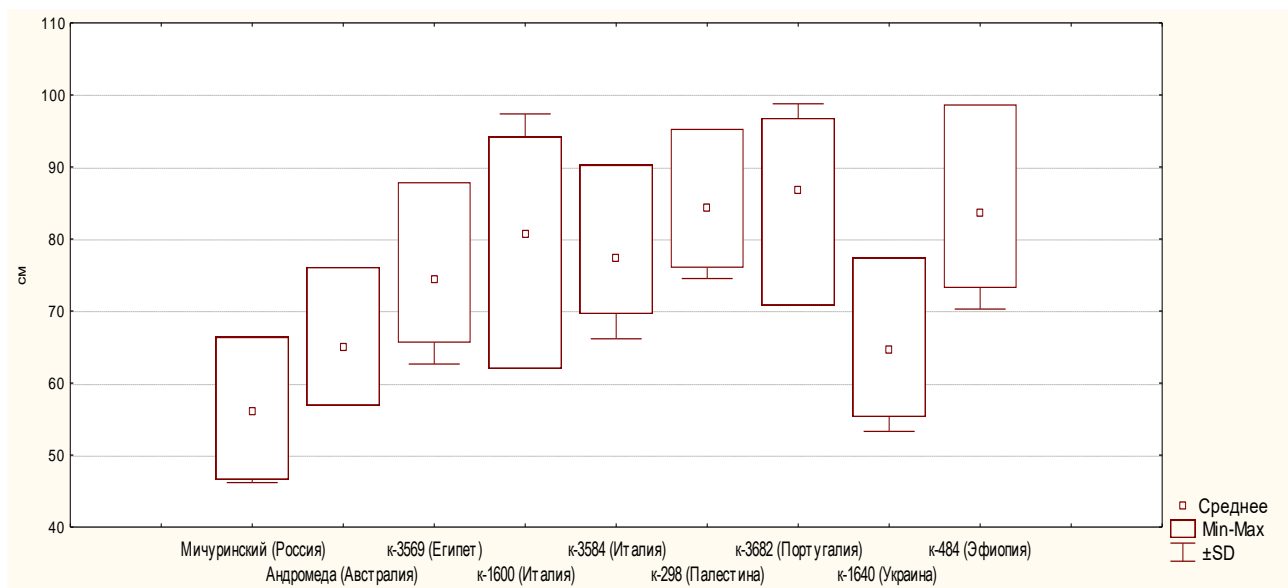


Рис. Высота растений коллекционных образцов люпина белого, см (Брянская область, 2016-2020 гг.)

В таблице дана характеристика образцов по элементам продуктивности в среднем за 2016-2020 гг.

Таблица.

**Элементы структуры продуктивности некоторых коллекционных образцов люпина белого, среднее за 2016-2020 гг. (Брянская область)**

№ каталога ВИР, название (происхождение)	Количество продуктивных боковых побегов		Биомасса сухого растения		Семена с 1 растения				Масса 1000 семян		K <sub>хоз.</sub> , %
	шт.	CV, %	г	CV, %	шт.	CV, %	г	CV, %	г	CV, %	
к-3935, Мичуринский, стандарт (Россия)	2,1	44	25,3	29	42,0	29	12,2	22	297,3	12	49,3
Андромеда (Австралия)	3,1	29	33,0	39	53,8	36	15,1	39	286,8	9	46,0
к-3569 (Египет)	1,9	38	30,1	42	37,6	25	12,1	20	321,8	8	43,1
к-1600, 2103 (Италия)	1,6	62	29,7	39	41,8	42	10,6	35	259,7	19	36,5
к-3584, Calabria (Италия)	1,4	61	28,9	43	31,3	36	9,4	7	309,3	10	34,2
к-298 (Палестина)	2,1	31	33,9	26	40,2	19	12,1	0	294,0	13	35,6
к-3682, МК-10 (Португалия)	1,9	58	33,9	23	40,1	21	11,6	3	292,8	18	34,8
к-1640, Носовский 3 (Украина)	2,5	5	27,9	30	39,5	15	11,4	9	301,2	12	42,3
к-484 (Эфиопия)	2,6	21	36,9	40	48,6	32	13,7	5	289,5	8	39,0

Люпин белый характеризуется интенсивным боковым ветвлением, индетерминантным типом роста. В исследованиях мы учитывали только количество боковых побегов, с которых были получены семена. Среднее количество продуктивных боковых побегов у стандарта

Мичуринский - 2,1 штук на одно растение. Минимальные значения – 1,4-1,6 штук у образцов к-1600 и к-3584 (Италия), максимальные – 3,1 штук у сорта австралийской селекции Андромеда. Наблюдается сильная вариация данного показателя в годы исследований – 21-62% (исключение – образец к-1640 (Украина)).

Биомасса сухого растения стандарта составила 25,3 г. Все образцы иностранного происхождения значительно превысили стандарт по этому показателю, и по большинству из них отмечена бóльшая степень вариабельности значений (до 43%). Самые высокие значения у высокорослого образца к-484 (Эфиопия) – 36,9 г. Однако высокая биомасса не всегда влечет за собой превышение по семенной продуктивности. Только сорта с детерминацией роста на главном побеге и ограниченным ветвлением побегов первого и второго порядков способны устойчиво созреть и стабильно формировать семенную продуктивность на главном и боковых побегах. Семенная продуктивность стандарта составила 42 семени или 12,2 грамма с растения. По коллекционным образцам данный показатель имел значения от 31,3-53,8 семян с растения или 9,4-15,1 г. Сорт Андромеда превысил стандарт в 1,3 раза по количеству семян – 53,8 штук. При высоких абсолютных значениях продуктивности данный образец характеризуется сильной вариабельностью количества и массы семян ( $V=36-39\%$ ).

Масса 1000 семян коллекционных номеров люпина белого составила от 259,7 г до 321,8 грамм. Для кормовых сортов люпина белого необходимы выполненные крупные семена с наиболее высоким соотношением ядро/ оболочка, высоким содержанием ядра и низким оболочки. Признак мелкосемянности характерен для сортов зеленоукосного (силосного) использования в целях повышения коэффициента размножения. По международному классификатору СЭВ рода *Lupinus* L. семена представленных образцов относятся к группе крупного размера (масса 1000 семян 251-450 г). Масса 1000 семян стандарта 297,3 грамма, самым крупносемянным оказался образец к 3569 из Египта (321,8 г). Из приведенных показателей масса 1000 семян имеет самую низкую вариабельность. У образцов к-3569, к-484 и сорта Андромеда проявилась слабая вариация признака, по остальным образцам – средняя.

Величина уборочного индекса ( $K_{хоз}$ , %) наряду с зерновой продуктивностью является наиболее объективным интегрированным показателем адаптации генотипа к внешним условиям и характеризует селекционный прогресс культуры в целом. Как показал ретроспективный анализ старых и новых сортов зерновых культур и гороха, рост урожайности новых сортов, по сравнению со стародавними, сопровождался, главным образом, увеличением уборочного индекса [11, 12, 13]. Самый высокий показатель  $K_{хоз}$  стандарта Мичуринский (49,3%). Коллекционные образцы по этому признаку разделились на две группы. В первую вошли два образца с уровнем уборочного индекса выше 40% - это австралийский сорт Андромеда (46,0%) и к-1640 сорт украинской селекции Носовский 3 (42,3%). Вторую группу составили образцы с уровнем  $K_{хоз}$ , 34,2-39,0%, характеризующиеся высокими, по сравнению со стандартом, значениями биомассы растения (к-298, к-3682, к-484 и др.).

Биохимический анализ коллекционных образцов позволил выявить ценные генотипы с повышенным содержанием сырого протеина в семенах. Это образцы к-3667 – 37,3-40,5%, к-3670 (Египет) – 39,5-41,1% и к-3339 (Белоруссия) – 39,5%. Все они являются алкалоидными и позднеспелыми.

### Заключение

Мобилизация и оценка генофонда люпина белого позволяет выделять формы с ценными свойствами и качественными характеристиками, которые в дальнейшем вовлекаются в селекционный процесс. В настоящее время в качестве родительских форм при внутривидовой гибридизации используются образцы из Египта с содержанием белка в зерне свыше 40%. Большой интерес представляет работа по поиску высокобелковых малоалкалоидных растений. Получены гибриды с использованием сорта австралийской селекции Андромеда, являющегося источником высокой зерновой продуктивности и адаптивности.

*Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» по проекту № FGGW-2022-0001 «Усовершенствовать методы обследования, мобилизации и ДНК-типирования генетических ресурсов кормовых и плодовых растений в целях выявления адаптивного и хозяйственного потенциала, создания источников и доноров хозяйственно-ценных признаков и свойств».*

#### Литература

1. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В. Белый люпин - перспективная кормовая культура//Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 10. – С. 49-50.
2. Гатаулина Г.Г. За белым люпином будущее //Белый люпин. – 2014. – № 1. – С. 2-6.
3. Huyghe C., Julier B., Harzic N. and Papineau J. Breeding of *Lupinus albus*: new architectures for a further domestication. Advances in lupin research. Proceedings of the VII International Lupin Conference; 1993 April 18-23; Evora, Portugal: p. 25-42.
4. Joernsgaard B., Raza S. Breeding new White Lupin for Egypt. Lupin for Health and Wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand; 2008. pp. 279-282. ISBN 0-86476-153-8.
5. Raman R., Luckett D.J. and Raman H. Estimation of genetic diversity in albus lupin (*Lupinus albus* L.) using DArT and genetic markers. Lupin for health and wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand; 2008. pp. 236-241. ISBN 0-86476-153-8.
6. Lucas M.M., Stoddard F.L., Annicchiarico P., Frías J., Martínez-Villaluenga C. et al. The future of lupin as a protein crop in Europe. Frontier in Plant Science. 2015;(6):705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.00705/full>
7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений. Москва. – 2020. – Том 1. – С.71-72.
8. Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Захарова М.В. Достижения и перспективы селекции люпина // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 2. – С. 29-32. DOI:10.24411/0235-2451-2018-10207.
9. Егорова Г.П., Шеленга Т.В. Селекционный потенциал видов *Lupinus* L. из мировой коллекции ВИР // Научные труды по агрономии. – 2020. – № 1 (3). – С.4-9. DOI:10.37574/2658-7963-2020-1-4-9
10. Вишнякова М.А. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: (методические указания) 2-е изд./под ред. М.А. Вишняковой. Санкт-Петербург: ВИР. – 2018. – 142 с. DOI:10.30901/978-5-905954-79-5
11. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Совершенствование методологии селекции пшеницы в условиях недостаточного увлажнения // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2 (18). – С. 48-53
12. Новикова Н.Е., Лаханов А.П., Амелин А.В. Физиологические изменения в растениях гороха в процессе длительной селекции на семенную продуктивность // Доклады ВАСХНИЛ. – 1989. – № 9. – С. 16-19.
13. 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:10.24411/2309-348X-2022-2-41-59

#### References

1. Gataulina G.G., Medvedeva N.V. Belyi lyupin – perspektivnaya kormovaya kul'tura [White lupin – a perspective forage crop]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2008, no. 10, pp. 49-50. (In Russian)
2. Gataulina G.G. Za belym lyupinom budushchee [Future belongs to the white lupin]. *Belyi lyupin*, 2014, no. 1, pp. 2-6. (In Russian)

- 3 Huyghe C., Julier B., Harzic N. and Papineau J. Breeding of *Lupinus albus*: new architectures for a further domestication. *Advances in lupin research. Proceedings of the VII International Lupin Conference*, 1993, April 18-23; Evora, Portugal, pp. 25-42.
- 4 Joernsgaard B., Raza S. Breeding new White Lupin for Egypt. *Lupin for Health and Wealth. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Lupin Conference*. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand, 2008, pp. 279-282. ISBN 0-86476-153-8.
- 5 Raman R., Luckett D.J. and Raman H. Estimation of genetic diversity in albus lupin (*Lupinus albus* L.) using DArT and genetic markers. *Lupin for health and wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference*. Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand; 2008. pp. 236-241. ISBN 0-86476-153-8.
- 6 Lucas M.M., Stoddard F.L., Annicchiarico P., Frías J., Martínez-Villaluenga C. et al. The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontier in Plant Science*. 2015;(6):705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
7. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Sorta rastenii [The state List of breeding achievements allowed for use. Plants' varieties]. Moscow, 2020, Vol. 1. Pp. 71-72. (In Russian)
8. Lukashovich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V., Zakharova M.V. Dostizheniya i perspektivy selektsii lyupina [Achievements and perspectives of lupin breeding]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018, no. 2, pp. 29-32. (In Russian). DOI:10.24411/0235-2451-2018-10207.
9. Egorova G.P., Shelenga T.V. Seleksiionnyi potentsial vidov *Lupinus* L. i mirovoi kolleksii VIR [The breeding potential of *Lupinus* L. species and VIR world collection]. *Nauchnye trudy po agronomii*, 2020, no. 1(3), pp. 4-9. (In Russian). DOI:10.37574/2658-7963-2020-1-4-9
10. Vishnyakova M.A. i dr. Kolleksiya mirovyh geneticheskikh resursov zernovyh bobovyh VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie: (metodicheskie ukazaniya) 2-e izd./pod red. M.A. Vishnyakovoj Sankt-Peterburg:VIR; 2018. 142 p. (In Russian). DOI:10.30901/978-5-905954-79-5.
11. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Sovershenstvovanie metodologii selektsii pshenitsy v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya [Methodology improvement of wheat breeding under conditions of insufficient moisture]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no. 2(18), pp. 48-53 (In Russian)
12. Novikova N.E., Lakhanov A.P., Amelin A.V. Fiziologicheskie izmeneniya v rasteniyakh gorokha v protsesse dlitel'noi selektsii na semenuyu produktivnost' [Physiological changes in pea plants during continuous pea breeding for seed productivity]. *Doklady VASKhNIL*, 1989, no. 9, pp.16-19. (In Russian)
13. Zelenov A.N., Zelenov A.A. Sto let orlovskoi selektsii gorokha. Itogi i perspektivy [100 anniversary of Orel pea breeding] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no. 2(42), pp. 41-59. (In Russian). DOI:10.24411/2309-348X-2022-2-41-59

## ЛЮПИНОЗЛАКОВЫЕ СМЕСИ НА ЗЕРНО В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ: ПОГОДА, ЭЛЕМЕНТЫ АГРОТЕХНОЛОГИИ, ПРОДУКТИВНОСТЬ

**В.В. КОНОНЧУК**, доктор сельскохозяйственных наук

E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

**С.М. ТИМОШЕНКО, Т.О. НАЗАРОВА, В.Д. ШТЫРХУНОВ**, кандидаты  
сельскохозяйственных наук,

**Е.А. ТУЛИНОВА**, кандидат биологических наук,

**Д.Н. НИКИТОЧКИН**, доктор сельскохозяйственных наук,

**\*Е.В. БЕЛЯЕВ**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА», МОСКВА  
\* ООО «ЛЕБОЗОЛ ВОСТОК», МОСКВА

*На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Центра Нечерноземной зоны РФ с обеспеченностью 0-20 см слоя подвижным фосфором и калием не ниже IV-V групп по принятым градациям и  $r_{HCl}$  4,5-6,5 смешанные посевы люпина с пленчатым овсом и яровой пшеницей максимальный сбор сырого протеина и обменной энергии 0,87 и 0,90 т/га, 63,0 и 52,5 ГДж/га, урожайность зерна 5,22 и 3,42 т/га обеспечивали в условиях избыточного увлажнения (ГТК 2,29) при норме высева люпина 1,8 млн/га в вариантах  $N_{50}P_{60}K_{80}$  и  $P_{60}K_{80}$  соответственно.*

*У смесей люпина с ячменем и голозерным овсом максимальный уровень продуктивности создавался при ГТК 0,90 в вариантах  $N_{50}P_{60}K_{80}$  и  $P_{60}K_{80}$  с нормами высева люпина 1,8 и 1,6 млн/га на фоне трехкратного применения жидких микроудобрений органической природы: сырой протеин – 0,94 и 1,03 т/га, обменная энергия – 61,9 и 52,4 ГДж/га, урожайность зерна – 5,16 и 4,04 т/га.*

*При нормальном или повышенном увлажнении (ГТК 1,39 и 1,65) все изучавшиеся смеси максимальную продуктивность создавали по фону  $P_{60}K_{80}$  и нормах высева люпина 1,6-1,8 млн/га: сырой протеин – 0,68-0,80 т/га, обменная энергия – 40,6-46,8 ГДж/га, урожайность – 3,2-3,7 т/га.*

*Зерносмеси, на лучших по продуктивности вариантах по обеспеченности 1 кг кормовых единиц обменной энергией и сырым протеином, соответствовали 1-2 классам качества: 9,6-10,2 МДж и 125-200 г соответственно.*

**Ключевые слова:** люпин, смешанные посевы, удобрение, нормы высева, продуктивность, дерново-подзолистая почва, погода.

**Для цитирования:** Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунув В.Д., Тулинова Е.А., Никиточкин Д.Н., Беляев Е.В. Люпинозлаковые смеси на зерно в Центральном Нечерноземье: погода, элементы агротехнологии, продуктивность. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 96-106. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-96-106

## LUPINE GRAIN MIXTURES IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION: WEATHER, AGROTECHNOLOGY ELEMENTS, PRODUCTIVITY

**V.V. Kononchuk, S.M., Tymoshenko, T.O. Nazarova, V.D. Shtyrkhunov, E.A. Tulinova,  
D.N. Nikitochkin, \*E.V. Belyaev**

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA», MOSCOW

\* LLC «LEBOZOL VOSTOK», MOSCOW



**Abstract:** *On soddy-podzolic medium loamy soil of the Center of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation with a supply of 0-20 cm layer of mobile phosphorus and potassium not lower than IV-V groups according to accepted gradations and pHKCl 4.5-6.5, mixed crops of lupine with filmy oats and spring wheat the maximum harvest of crude protein and metabolizable energy of 0.87 and 0.90 t/ha, 63.0 and 52.5 GJ/ha, grain yields of 5.22 and 3.42 t/ha were provided under conditions of excessive moisture (HTC 2.29) at a lupine seeding rate of 1.8 million/ha in the variants N<sub>50</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> and P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>, respectively.*

*In mixtures of lupine with barley and naked oats, the maximum level of productivity was created at HTC 0.90 in variants N<sub>50</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> and P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> with lupine seeding rates of 1.8 and 1.6 million/ha against the background of three-time application of liquid microfertilizers of organic nature: crude protein - 0.94 and 1.03 t/ha, exchange energy - 61.9 and 52.4 GJ/ha, grain yield - 5.16 and 4.04 t/ha.*

*With normal or increased moisture (HTC 1.39 and 1.65), all the studied mixtures created the maximum productivity against the background of P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> and lupine seeding rates of 1.6-1.8 million/ha: crude protein - 0.68-0.80 t/ha, exchange energy - 40.6-46.8 GJ/ha, yield - 3.2-3.7 t/ha.*

*Grain mixtures, on the best productivity options in terms of providing 1 kg of feed units with exchange energy and crude protein, corresponded to quality classes 1-2: 9.6-10.2 MJ and 125-200 g, respectively.*

**Keywords:** lupine, mixed crops, fertilizer, seeding rates, productivity, soddy-podzolic soil, weather.

Подъем молочного животноводства в областях Центрального Нечерноземья обязывает сельхозтоваропроизводителей к наращиванию объемов производства собственных сбалансированных по энергии и протеину концентрированных кормов, обеспечивающих снижение себестоимости и повышение рентабельности конечной продукции – молока и продуктов его переработки.

Традиционно для этого используются чистые и смешанные посевы гороха, семена которого наиболее доступны, а технология возделывания отработана.

На фоне климатических изменений в регионе, проявляющихся в учащении чередования сухих и влажных периодов на протяжении активной вегетации, стабильность продуктивности последних нарушается. Поэтому требуется расширение видового разнообразия кормовых агрофитоценозов за счет возделывания более устойчивых видов и сортов сельскохозяйственных культур.

Одной из них является люпин узколистный детерминантного типа (не ветвящийся), выгодно отличающийся от гороха пелюшки в 1,5 раза более высоким содержанием протеина, в 1,3 раза – жира в семенах. Низкий уровень алкалоидов (<0,07 %) позволяет использовать его измельченное зерно в качестве высокобелковой добавки в рационы кормления животных и птицы без дополнительной тепловой обработки.

Возделывание его в смешанных посевах с яровыми зерновыми культурами обеспечивает получение зерносмесей высокого качества, удовлетворяющих повышенным требованиям современного породного состава молочного стада.

Совершенствование технологии возделывания люпинозлаковых смесей в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья предполагает выявление их реакции на основные элементы в зависимости от складывающихся гидротермических условий первой половины вегетации (2-3 пары настоящих листьев, кущение зерновых – «зеленый боб», начало налива злаков) – периода активного формирования будущего урожая.

При наличии достоверного долгосрочного прогноза погоды к началу посевной кампании знание особенностей реакции смешанных посевов на элементы агротехнологического процесса позволяет проводить своевременную корректировку последних с целью оптимизации для повышения продуктивности с одной стороны и улучшения экологических показателей производства – с другой.

**Цель исследования** – выявление реакции смешанных посевов люпина узколистного с яровой пшеницей, ячменем, пленчатым и голозерным овсом на применение удобрений и

нормы высева люпина по урожайности и отдельным показателям продуктивности в разных погодных условиях первой половины вегетации.

### Материалы и методика исследований

Исследования по влиянию элементов агротехнологии возделывания смешанных посевов люпина (сорт Ладный) с яровой пшеницей Агата, 2019 г., Злата, 2018, 2020 гг., с ячменем Надежный, 2019 г., Московский 86, 2020-2022 гг., с овсом пленчатым (Залп, 2020, 2021 гг., Яков, 2019 г., голозерным Азиль, 2021, 2022 гг. на зерно проводили в 2018-2022 годах на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», расположенном в Новой Москве неподалеку от аэропорта «Внуково» у населенного пункта Кривошеино.

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, с глубины 60-80 см подстилаемая суглинистой мореной. После уборки предшественника (яровые зерновые) в пахотном (0-20 см) слое в разные годы содержалось:  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову) 160-350 мг/кг и 130-220 мг/кг соответственно, гумуса – от 1,4-1,5 % до 1,8-2,1 %, величины  $pH_{KCl}$  изменялись в пределах от 4,6-4,9 до 5,3-6,7ед., гидролитическая кислотность ( $H_g$ ) – от 0,94-1,90 мг-экв/100г до 2,30-3,34 мг-экв/100г, что свидетельствует о средней окультуренности (табл.1).

Предшественник – яровые зерновые. Программой исследований предусматривалось изучение влияния на урожайность зерна и основные элементы продуктивности (выход кормовых единиц, сбор сырого протеина, накопление обменной энергии) двух вариантов доз и сочетания удобрений (РК и NPK) и норм высева люпина в смесях (1,4; 1,6; 1,8; 2,0 млн/га) при разных погодных условиях. В годы исследований дозы фосфора и калия варьировали в широком диапазоне:  $P_2O_5$  – от 30 до 100 кг/га,  $K_2O$  – от 30 до 150 кг/га и в среднем за пятилетний период составляли 60 кг/га и 80 кг/га соответственно. Их внесение с осени под зябь поддерживало содержание подвижного фосфора и калия в почве в пределах V и IV-V групп обеспеченности по принятым грациям соответственно по элементам (табл. 1).

Таблица 1

### Агрохимическая характеристика почвы. Слой 0-20 см

Год	Агрохимические показатели				
	$pH_{KCl}$	$H_g$ , мг-экв/100 г	Гумус, %	$P_2O_5$	$K_2O$
				мг/кг	
2018	5,7-6,7	1,40-1,90	1,6-1,8	165-240	140-180
2019	5,3-6,7	0,94-2,62	1,5-1,7	160-300	130-220
2020	5,3-5,8	2,50-2,70	1,8-2,1	190-220	130-180
2021	5,2-5,6	2,30-3,50	1,4-1,5	180-220	160-200
2022	4,6-4,9	2,70-3,34	1,8-2,1	250-350	180-220

Доза азота, вносимая перед посевом, в течение всего периода исследований составляла 50 кг/га.

В настоящей работе приводятся научные данные, полученные в вариантах с нормами высева люпина 1,6 и 1,8 млн/га, проходящими через весь пятилетний цикл исследований. Нормы высева злакового компонента смесей составляли 3,6-3,8 млн/га (пшеница яровая), 3,4-3,6 (ячмень), 2,25-2,50 млн/га (овес) или 50-70% от полной.

Фосфорные и калийные удобрения вносили центробежным разбрасывателем Amazone с шириной захвата 24 м, азотные – вручную. Способ основной обработки почвы – вспашка на 20-22 см. Система защиты растений состояла из протравливания семян и обработки посевов баковой смесью пестицидов дважды за вегетацию. Из протравителей использовали Фундазол, СП (2018-2019 гг.), ТМТД, ВСК + Табу, ВСК (2020-2021 гг.), Витарос, ВСК + Табу, ВСК (2022 г.). В баковую смесь по вегетации включали фунгициды – Колосаль Про (2018-2021 гг.), Спирит, СК (2022 г.) и инсектициды – Данадим, КЭ (2018 г.), Децис Профи, КЭ (2019 г.), Борей Нео, СК (2020-2022 гг.). Гербициды в смешанных посевах не применяли.

В помощь растениям по выходу из стресса, обусловленного погодным фактором и применением пестицидов, к протравителю и в баковую смесь по вегетации в 2018-2020 годах добавляли антистрессант со стимулирующим эффектом на гуматной основе – Гумистим, Zn,

В. В 2021 году его не использовали, а в 2022 заменили на комплекс жидких микроудобрений органической природы производства ФРГ (поставщик Lebosol vostok) [1]. При этом к протравителю добавляли препараты Аминозол, на 56-58% состоящий из аминокислот и содержащий 0,25% серы и 1,28% натрия в органической форме, а также Заатгут Микс с содержанием азота, цинка, меди и марганца в нитратной форме от 2,2% до 7,8% в зависимости от элемента. В баковую смесь по вегетации к инсектицидно-фунгицидной смеси при первой обработке (3 пары настоящих листьев люпина) добавляли Лебозол-Молибден (15,6% водорастворимого Молибдена и 7,6% общего содержания натрия), а при второй обработке (появление единичных цветков люпина) – Лебозол-Бор (11% водорастворимого бора). При всех обработках в качестве прилипателя использовали Фульвитал Плюс - водорастворимый продукт переработки вермикомпоста с выраженным стимулирующим эффектом (ООО «Родагро») [2]. В день посева семена люпина обрабатывали активным штаммом N<sub>2</sub>-фиксирующих бактерий производства ВНИИСХМ (г. Пушкин Ленинградской обл.). Общая площадь делянки первого порядка 184 м<sup>2</sup>, второго – 64 м<sup>2</sup>. Повторность четырехкратная. Посев проводили в лучшие агротехнические сроки сеялкой Amazone Д9, обработку посевов пестицидами по вегетации – штанговым навесным опрыскивателем Amazone с шириной захвата 12 м.

При разработке программы наблюдений, исследований, учетов и закладке полевого опыта использовали рекомендации, изложенные в руководствах: «Опытное дело в полеводстве» (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые и крупяные культуры» (Федин, 1985), «Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных» (Доспехов, 1985), «Методические указания по оценке качества и питательности новых видов кормов» (Сычев, Лепешкин, 2009). Агрохимические анализы почвы и растений выполняли в сертифицированной лаборатории массовых анализов института по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической Службе.

Метеорологические условия первой половины активной вегетации люпинозлаковых смесей, когда происходит закладка и формирование будущего урожая (2-3 пары настоящих листьев люпина, кущение зерновых – «зеленый боб», начало налива соответственно), отличались широким разнообразием (табл. 2).

Таблица 2

**Гидротермический коэффициент за первую половину вегетационного периода люпинозлаковых смесей. 2018-2022 гг.**

Год	2018	2019	2020	2021	2022
ГТК	1,65	1,39	2,29	0,69	0,90
Средний многолетний 1,47					

Величины гидротермического коэффициента (ГТК) варьировали в пределах 0,69-2,29. Низкой влагообеспеченностью посевов характеризовался отмеченный временной интервал в 2021 году (ГТК 0,69), умеренной засушливостью (ГТК 0,90) в 2022 году. В 2018-2020 годах наблюдалось постепенное нарастание уровня увлажнения по ГТК от 1,39-1,65 (умеренный) до 2,29 (избыточный) при средней многолетней величине 1,47, что не могло не сказаться на эффективности изучаемых агроприемов, урожайности зерна и показателях продуктивности.

**Результаты и обсуждение**

В годы исследований, в соответствии с изменениями погодного фактора и элементов агротехнологии, урожайность зерна рассматриваемых люпинозлаковых смесей варьировала в пределах 1,72-5,22 т/га, выход кормовых единиц – от 2,1 до 6,4 тыс., сбор сырого протеина – от 0,28 т/га до 1,06 т/га, накопление обменной энергии – от 20,7 ГДж/га до 63,0 ГДж/га (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние удобрений и норм высева люпина в смешанных посевах на урожайность зерна и продуктивность при разных погодных условиях. 2018-2022 гг.**

Показатели	Удобрение, кг/га, Фактор А	Норма высева люпина в смесях, млн/га, Фактор В	Состав смесей*											
			Люпин+пшеница яровая			Люпин+ячмень				Люпин+овес пленчатый			Люпин+овес голозерный	
			ГТК за первую декаду июня-вторую декаду июля											
			1,39	1,65	2,29	0,69	0,90	1,39	2,29	0,69	1,39	2,29	0,69	0,90
2019	2018	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2022			
Урожайность, т/га	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	<u>2,93</u> 48	<u>3,13</u> 60	<u>3,21</u> 62	<u>3,25</u> 40	<u>4,94</u> 43	<u>3,28</u> 42	<u>2,36</u> 52	<u>1,72</u> 46	<u>3,67</u> 23	<u>4,00</u> 44	<u>2,38</u> 60	<u>4,04</u> 65
		1,8	<u>3,27</u> 54	<u>3,17</u> 61	<u>3,42</u> 46	<u>3,19</u> 43	<u>4,90</u> 49	<u>3,68</u> 44	<u>2,36</u> 32	<u>1,82</u> 43	<u>3,62</u> 25	<u>4,33</u> 21	<u>2,52</u> 63	<u>3,74</u> 62
	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	<u>2,74</u> 37	<u>3,00</u> 52	<u>4,50</u> 14	<u>4,38</u> 24	<u>4,95</u> 11	<u>3,26</u> 27	<u>2,97</u> 38	<u>2,80</u> 42	<u>3,36</u> 14	<u>4,78</u> 12	<u>2,58</u> 41	<u>4,01</u> 68
		1,8	<u>3,08</u> 36	<u>2,86</u> 53	<u>4,43</u> 15	<u>4,34</u> 31	<u>5,16</u> 41	<u>3,36</u> 24	<u>3,00</u> 25	<u>2,50</u> 34	<u>3,30</u> 14	<u>5,22</u> 34	<u>2,70</u> 49	<u>3,71</u> 62
НСР <sub>0,5</sub> , т/га	А=		0,19	0,26	0,36	0,24	0,39	0,35	0,30	0,21	0,25	0,43	0,22	0,32
	В=		0,19	0,32	0,44	0,29	0,35	0,29	0,36	0,26	0,20	0,52	0,27	0,38
	АВ=		0,26	0,50	0,62	0,42	0,55	0,50	0,51	0,37	0,36	0,74	0,38	0,54
Выход кормовых единиц, тыс.	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	3,8	4,1	4,2	3,9	5,8	4,1	3,0	2,1	4,6	5,0	3,0	5,2
		1,8	4,2	4,1	4,5	3,8	6,0	4,6	2,9	2,2	4,5	5,2	3,5	4,8
	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	3,5	3,9	5,4	5,2	5,8	4,0	3,8	3,4	4,1	5,9	3,2	5,2
		1,8	4,0	3,7	5,4	5,2	6,4	4,2	3,7	3,0	4,1	6,4	3,4	4,8
Сбор сырого протеина, т/га	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	0,66	0,78	0,84	0,50	0,69	0,64	0,56	0,28	0,68	0,79	0,50	1,03
		1,8	0,77	0,80	0,90	0,50	0,84	0,75	0,44	0,28	0,68	0,68	0,54	0,85
	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	0,62	0,74	0,68	0,65	0,67	0,56	0,65	0,44	0,58	0,84	0,51	1,06
		1,8	0,69	0,75	0,71	0,64	0,94	0,61	0,53	0,37	0,59	0,87	0,52	0,87
Накопление обменной энергии, ГДж/га	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	37,6	40,2	40,5	38,5	59,8	45,1	29,8	20,7	46,2	49,4	30,2	52,4
		1,8	42,2	40,7	43,4	37,6	61,2	46,8	29,0	21,7	45,7	52,3	35,4	48,1
	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,6	35,2	38,7	53,8	52,5	60,0	40,8	37,1	34,1	41,9	58,1	32,0	52,2
		1,8	37,0	37,0	53,4	51,8	61,9	42,2	36,7	30,3	41,4	63,0	33,5	47,8

\*Примечание – в знаменателе доля бобового компонента, %, тоже и в табл. 5-6

В целом, состав смесей не оказывал влияния на урожайность зерна и другие показатели продуктивности, величины которых изменялись в близких пределах. Небольшим преимуществом по урожайности, выходу кормовых единиц и накоплению обменной энергии выделялся смешанный посев люпина с ячменем (+8-16%) в зависимости от показателя. По сбору сырого протеина он на 0,1 т/га (13%), уступал посевам с участием яровой пшеницы и голозерного овса, где этот показатель находился в максимуме, равном 0,74 т/га (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние состава смесей на урожайность зерна и продуктивность.  
В среднем по факторам, кроме изучаемого. Среднее за 2018-2022 гг.**

Показатели	Состав смесей			
	Люпин+ пшеница яровая	Люпин+ ячмень	Люпин+овес	
			пленчатый	голозерный
Урожайность, т/га	3,31	3,71	3,43	3,21
Выход кормовых единиц, тыс.	4,23	4,52	4,21	4,14
Сбор сырого протеина, т/га	0,74	0,64	0,59	0,74
Накопление обменной энергии, ГДж/га	41,6	45,7	42,1	41,4

Смеси люпина с ячменем и с пленчатым овсом оказались наиболее сбалансированными по энергопротеиновому соотношению. У них на одну кормовую единицу приходилось 140-142 г сырого протеина и 10,0-10,1 МДж обменной энергии, в то время, как у смесей с участием яровой пшеницы и голозерного овса обеспеченность протеином была на 23-28% выше при меньших величинах обменной энергии (9,8-10,0 МДж/кг).

Изучаемые смешанные посевы по-разному реагировали на повышение влагообеспеченности на начальном этапе формирования урожая. Так, смеси с участием люпина с яровой пшеницей и пленчатым овсом в интервале ГТК 0,69-2,29 постепенно увеличивали урожайность зерна с 2,21-3,00 т/га до 3,49-4,58 т/га, главным образом – за счет роста злакового компонента в конечной зерносмеси, с 56-59% до 72-81%. Изменение показателей продуктивности носило аналогичный характер. Максимум у них отмечался при ГТК 2,29 – урожайность 3,89 и 4,58 т/га, сбор протеина 0,78 и 0,80 т/га, накопление обменной энергии – 47,8 и 55,7 ГДж/га.

Для смеси люпина с ячменем наиболее благоприятные условия формирования урожайности и отдельных показателей продуктивности наблюдались при относительной засушливости (ГТК 0,68). Урожайность зерна, накопление протеина и обменной энергии в ней при этом достигали соответственно 3,79 т/га, 0,57 т/га и 45,1 ГДж/га. Повышение влагообеспеченности посева по ГТК до 1,39-2,29 приводило к уменьшению урожайности на 10-30%, накопления энергии – на 5-26%, однако, максимальный сбор сырого протеина у этой смеси обеспечивался в условиях увлажнения, близких к норме (ГТК 1,39) – 0,64 т/га, что было на 12% выше в сравнении с аналогичной величиной, полученной в засушливых условиях (табл.5).

Научные материалы данного исследования показывают, что при отсутствии надежного прогноза погоды на период от посева до уборки сельскохозяйственных культур, для гарантированного получения запланированной продуктивности люпинозлаковых смесей на зерно их необходимо возделывать в расширенном составе с использованием злакового компонента, характеризующегося разной реакцией на изменение метеорологического фактора.

Повышению устойчивости смешанного агрофитоценоза к изменениям гидротермических условий произрастания, использованию пестицидов способствует обработка семенного материала и вегетирующих растений водорастворимыми

микроудобрениями различной природы со стимулирующим и антистрессовым эффектом, а также предпосевное внесение небольших (30-45 кг/га) «стартовых» доз азота [3-7].

Так, в условиях умеренной засушливости первой половины вегетационного периода 2022 года (ГТК 0,90) трехкратное применение комплекса микроудобрений органической природы производства ФРГ (ООО «Лебозол восток») способствовало получению максимальной за весь период исследования урожайности зерна смеси люпина с ячменем, в среднем равной 4,98 т/га, люпина с голозерным овсом – 3,88 т/га с долей бобового компонента 36 и 54% соответственно. При этом накопление протеина и энергии в урожае достигало 0,78 т/га и 61,5 ГДж/га, 0,95 т/га и 50,1 ГДж/га. Полученные величины на 31% и 53%, 37% и 83 %, 36% и 53% превышали размеры аналогичных показателей, полученных в сходных погодных условиях 2021 года по тем же пестицидам, но без обработки микроэлементами (табл. 5).

Таблица 5

**Урожайность зерна и продуктивность люпинозлаковых смесей при разных погодных условиях первой половины вегетационного периода  
В среднем по факторам, кроме изучаемого**

ГТК	Год	Состав смеси	Показатели			
			урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс.	сбор протеина, т/га	накопление обменной энергии, ГДж/га
1,39	2019	Люпин+пшеница яровая	$\frac{3,00}{44}$	3,9	0,68	38,0
		Люпин+ячмень	$\frac{3,40}{34}$	4,2	0,64	42,8
		Люпин+овес пленчатый	$\frac{3,49}{19}$	4,3	0,63	43,8
1,65	2018	Люпин+пшеница яровая	$\frac{3,04}{56}$	4,0	0,77	39,2
2,29	2020	Люпин+пшеница яровая	$\frac{3,89}{34}$	4,9	0,78	47,8
		Люпин+ячмень	$\frac{2,67}{38}$	3,4	0,54	33,2
		Люпин+овес пленчатый	$\frac{4,58}{28}$	5,6	0,80	55,7
0,69	2021	Люпин+ячмень	$\frac{3,79}{34}$	4,5	0,57	45,1
		Люпин+овес пленчатый	$\frac{2,21}{41}$	2,7	0,34	26,7
		Люпин+овес голозерный	$\frac{2,54}{53}$	3,3	0,52	32,8
0,90	2022	Люпин+ячмень	$\frac{4,98}{36}$	6,0	0,78	61,5
		Люпин+овес голозерный	$\frac{3,88}{54}$	5,0	0,95	50,1

Степень воздействия предпосевного внесения азота на урожайность зерна и продуктивность люпинозлаковых смесей в годы исследований определялись как их составом, так и погодными условиями в первую половину вегетации (табл. 6).

Таблица 6

**Влияние азотного удобрения на урожайность зерна и продуктивность люпинозлаковых смесей при разных метеорологических условиях. В среднем по факторам, кроме изучаемого**

Состав смеси	ГТК	Год	Урожайность, т/га		Кормовые единицы, тыс.		Сбор сырого протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	
			P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>
Люпин+пшеница яровая	1,39	2019	$\frac{3,12}{51}$	$\frac{2,92}{36}$	4,05	3,75	0,75	0,70	40,2	37,8
	1,65	2018	$\frac{3,15}{60}$	$\frac{2,93}{52}$	4,10	3,82	0,79	0,74	40,4	37,8
	2,29	2020	$\frac{3,32}{54}$	$\frac{4,46}{14}$	4,35	5,40	0,87	0,70	42,0	53,6
Люпин+овес пленчатый	0,69	2021	$\frac{1,77}{44}$	$\frac{2,65}{38}$	2,15	3,20	0,28	0,40	21,2	32,2
	1,39	2019	$\frac{3,64}{34}$	$\frac{3,33}{14}$	4,55	4,10	0,68	0,58	46,0	41,6
	2,29	2020	$\frac{4,16}{32}$	$\frac{5,00}{23}$	5,10	6,15	0,74	0,86	50,8	60,6
Люпин+ячмень	0,69	2021	$\frac{3,22}{42}$	$\frac{4,36}{28}$	3,85	5,20	0,50	0,64	38,0	52,2
	0,90	2022*	$\frac{4,92}{46}$	$\frac{5,06}{28}$	5,90	6,10	0,76	0,80	60,5	61,0
	1,39	2019	$\frac{3,48}{43}$	$\frac{3,31}{26}$	4,40	4,10	0,70	0,58	46,0	41,5
	2,29	2020	$\frac{2,36}{42}$	$\frac{2,99}{32}$	2,95	3,75	0,50	0,59	29,4	36,9
Люпин+овес голозерный	0,69	2021	$\frac{2,45}{62}$	$\frac{2,64}{45}$	3,12	3,32	0,52	0,52	32,8	32,8
	0,90	2022*	$\frac{3,89}{64}$	$\frac{3,86}{44}$	5,03	5,01	0,94	0,96	50,2	50,0

\*Примечание – при трехкратной обработке комплексом жидких микроудобрений (протравливание + дважды по вегетации)

Таблица 7

**Влияние норм высева люпина в смешанных посевах на урожайность зерна и продуктивность при разных гидротермических условиях. В среднем по факторам, кроме изучаемого**

ГТК	Год	Состав смеси	Норма высева люпина, млн/га							
			1,6				1,8			
			урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс.	сбор сырого протеина, т/га	накопление обменной энергии, ГДж/га	урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс.	сбор сырого протеина, т/га	накопление обменной энергии, ГДж/га
1,39	2019	Люпин+пшеница яровая	<u>2,84</u> 42	3,6	0,64	36,4	<u>3,18</u> 45	4,1	0,73	39,6
		Люпин+ ячмень	<u>3,27</u> 34	4,0	0,60	43,0	<u>3,52</u> 34	4,4	0,68	44,5
		Люпин+овес пленчатый	<u>3,52</u> 18	4,4	0,63	44,0	<u>3,46</u> 20	4,3	0,64	43,6
1,65	2018	Люпин+пшеница яровая	<u>3,06</u> 56	4,0	0,76	39,4	<u>3,02</u> 57	3,9	0,78	38,8
2,29	2020	Люпин+пшеница яровая	<u>3,86</u> 38	4,8	0,76	47,2	<u>3,92</u> 30	5,0	0,80	48,4
		Люпин+ ячмень	<u>2,66</u> 45	3,4	0,60	33,4	<u>2,68</u> 28	3,3	0,48	32,8
		Люпин+овес пленчатый	<u>4,39</u> 28	5,4	0,82	53,8	<u>4,78</u> 28	5,8	0,78	57,6
0,69	2021	Люпин+ ячмень	<u>3,82</u> 32	4,6	0,58	45,5	<u>3,76</u> 37	4,5	0,57	44,7
		Люпин+овес пленчатый	<u>2,26</u> 44	2,8	0,36	27,4	<u>2,16</u> 38	2,6	0,32	26,0
		Люпин+овес голозерный	<u>2,48</u> 50	3,1	0,51	31,1	<u>2,61</u> 56	3,4	0,53	34,4



Люпинопшеничная смесь при увлажнении, близком к норме или повышенном (ГТК 1,39 и 1,65) под его влиянием проявляла тенденцию к снижению рассматриваемых показателей (- 6-7%), а в условиях избыточного (ГТК 2,29) – к повышению урожайности зерна на 34%, выхода кормовых единиц и накопления обменной энергии на 24 и 28% за счет резкого увеличения доли пшеницы в конечной зерносмеси с 46% до 86%, но снижала накопление сырого протеина с 0,87 т/га до 0,70 т/га (- 20%).

Аналогичная тенденция отмечалась и при выращивании смесей люпина с пленчатой формой овса и с ячменем. В условиях увлажнения, близких к норме, предпосевное внесение 50 кг/га азота приводило к снижению урожайности зерна на 8% и 5%, выхода кормовых единиц на 10% и 7%, накопления протеина и энергии соответственно на 17%, 15% и 10% за счет уменьшения доли люпина в конечной продукции на 17-20%. При экстремальном увлажнении (ГТК 0,69 и 2,29) азот удобрений обеспечивал заметное повышение их урожайности (+ 20-50%), других показателей продуктивности – на 20-52% к фону РК, несмотря на уменьшение доли люпина в урожае на 6-14% (табл. 6).

При трехкратной обработке смешанных посевов с участием ячменя и голозерного овса комплексом жидких микроудобрений ростостимулирующего и антистрессового характера в условиях умеренной засушливости (ГТК 0,90, 2022 г.) наблюдалось отсутствие достоверного влияния азота удобрений на урожайность зерна и показатели продуктивности ( $\pm 0-5\%$ ), а их величины на фоне РК достигали максимальных значений, равных соответственно 4,92 и 3,89 т/га, 5,90 и 5,03 тыс., 0,76 и 0,94 т/га, 61,0 и 50,0 ГДж/га (табл. 6).

Тем не менее, несмотря на установленную высокую эффективность использования жидких микроудобрений при выращивании смешанных люпинозлаковых посевов на зерно, для успешного внедрения их в технологический процесс необходимо дальнейшее изучение влияния этих агрохимикатов на продуктивность в иных гидротермических условиях.

В годы исследований повышение нормы высева люпина в рассматриваемых смешанных посевах от 1,6 до 1,8 млн/га в большинстве случаев не имело преимущества перед меньшим значением. В тоже время, смеси люпина с яровой пшеницей и с ячменем в условиях увлажнения, близких к норме (ГТК 1,39), а смесь люпина с пленчатым овсом при избыточном увлажнении (ГТК 2,29) достоверно повышали урожайность зерна и другие показатели продуктивности на 7-14% с ростом нормы высева люпина в смесях до 1,8 млн/га (табл. 7). Поэтому в условиях производства для гарантированного получения заданной продуктивности необходимо в смесях использовать обе нормы высева люпина.

### **Заключение**

В условиях глобальных климатических изменений, проявляющихся в Центральном Нечерноземье через учащение сухих и влажных периодов в течение активной вегетации, повышение и стабилизация зерновой продуктивности однолетних бобовозлаковых смесей обеспечивается расширением биологического разнообразия их видового состава за счет использования в производстве, кроме гороха, вики, традиционного овса, также и люпина узколистного детерминантного типа, голозерного овса, яровой пшеницы и ячменя.

На хорошо обеспеченных фосфором и калием дерново-подзолистых почвах со слабо- или среднекислой реакцией среды стабильно высокая продуктивность люпинозлаковых смесей на зерно – порядка 4,0-6,5 тыс. кормовых единиц – в условиях изменяющегося климата может быть обеспечена применением систем удобрения как без внесения азотных удобрений, так и с их внесением, но только с обязательным учетом данных долгосрочного прогноза погоды на весь период вегетации.

При нормальном или повышенном увлажнении (ГТК 1,39 и 1,65) урожайность зерна и величины продуктивности максимального уровня люпинозлаковых смесей с участием яровой пшеницы, ячменя и пленчатого овса в пределах 3,1-3,7 т/га с долей люпина до 60%, 0,68-0,78 т/га (сырой протеин), 40-47 ГДж/га (обменная энергия) обеспечивались без дополнительного внесения азота удобрений по фону  $P_{60}K_{80}$  при нормах высева люпина 1,6-1,8 млн/га.

В условиях экстремального увлажнения (ГТК 0,69 – засуха и 2,29 – переувлажнение) для формирования зерновой продуктивности зерносмесей максимального уровня по урожайности 4,4-5,2 т/га, сбору протеина 0,65-0,90 т/га, накоплению обменной энергии 43-63 ГДж/га их необходимо высевать с нормами посева люпина 1,6-1,8 млн/га, злакового компонента – 50-70% от полной нормы, по фону полного минерального удобрения с предпосевным внесением азота не более 50 кг/га.

Заменой азота удобрений, негативно влияющего на процесс азотфиксации смешанного люпинозлакового агроценоза в аномальных условиях увлажнения, может служить использование жидких микроудобрений органической природы с ростостимулирующим эффектом для обработки семян перед посевом и «по листу» в течение вегетации, обеспечивших при недостатке влаги (ГТК 0,90) выход кормовых единиц смеси люпина с овсом выше 5 тыс., сбор сырого протеина 0,94 т/га и накопление обменной энергии 50,2 ГДж/га по фону  $P_{60}K_{80}$ .

*Работа выполнена в рамках проведения научно-исследовательских работ в соответствии с Соглашением о консорциуме № 075-15-2020-805 от 02 октября 2020 г., образованным для выполнения крупного научного проекта Минобрнауки России «Актуальные научные задачи стратегии адаптации потенциала землепользования России в современных условиях беспрецедентных вызовов (экономический кризис, изменения климата, кризис глобальных тенденций природопользования)».*

#### Литература

1. ООО «Родагро». Органоминеральные удобрения на основе фульвовых кислот. <http://rodagro.ru>
2. ООО «Лебозол Восток». Информация о продуктах <http://лебозол-восток.рф>.
3. Яговенко Г.Л., Яговенко Т.В., Торихина Л.В., Грибушенкова Н.В. Влияние регулятора роста «Циркон» и микроудобрения Аква-микст СТ на элементы продуктивного процесса люпина узколистного // Кормопроизводство. – 2021. – № 8. – С. 32-37.
4. Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного // Вестник БСХА. – 2017. – № 2. – С. 37-40.
5. Радкевич М.А. Влияние макро-микроудобрений, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на урожайность и качество семян люпина узколистного // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 5 (132). – С. 31-35. Республика Беларусь.
6. Милащенко Н.З. (ред.) Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья. МПК «Южный Урал» Оренбург. – 1993. – 864 с.
7. Дебелый Г.А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ/ Глава 2.4. Значение зернобобовых культур в земледелии. Москва. Немчиновка. Изд-во. Россельхозакадемии. – 2009. – С. 34-40.

#### References

1. Rodagro LLC. Organomineral'nye udobreniya na osnove ful'vovykh kislot [Organo-mineral fertilizers based on fulvic acids]. <http://rodagro.ru>
2. Lebozol Vostok LLC. Informatsiya o produktakh [Information about products] <http://lebozol-vostok.rf>.
3. Yagovenko G.L., Yagovenko T.V., Torikhina L.V., Gribushenkova N.V. Vliyanie regulatora rosta «Tsirkon» i mikroudobreniya «Akva-mikst ST» na elementy produktivnogo protsesssa lyupina uzkolistnogo [Influence of growth regulator "Zircon" and microfertilizer "Aqua-mixt ST" on the elements of the productive process of narrow-leaved lupine]. *Kormoproizvodstvo*. 2021, no.8, pp. 32-37. (In Russian)
4. Persikova T.F., Radkevich M.L. Vliyanie mikroelementov, regulyatorov rosta rastenii i bakterial'nykh udobrenii na pokazateli struktury urozhainosti lyupina uzkolistnogo [Influence of microelements, plant growth regulators and bacterial fertilizers on the indicators of the yield structure of narrow-leaved lupine]. *Vestnik BSHA*. 2017, no. 2, pp. 37-40. (In Russian)
5. Radkevich M.A. Vliyanie makro-mikroudobrenii, regulyatorov rosta rastenii i bakterial'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo semyan lyupina uzkolistnogo [Influence of macro-microfertilizers, plant growth regulators and bacterial fertilizers on the yield and quality of narrow-leaved lupine seeds]. *Agriculture and plant breeding*, 2020, no. 5 (132), pp. 31-35. Republic of Belarus. (In Russian)
6. Milashchenko N.Z. (ed.) Rasshirennoe vosproizvodstvo plodorodiya pochv v intensivnom zemledelii Nechernozem'ya [Extended reproduction of soil fertility in intensive agriculture of the Non-Chernozem region]. МПК "Southern Ural" Orenburg. 1993, 864 p. (In Russian)
7. Debely G.A. Zernobobovye kul'tury v Nechernozemnoi zone RF. Glava 2.4. Znachenie zernobobovykh kul'tur v zemledelii [Leguminous crops in the Nonchernozem zone of the Russian Federation. Chapter 2.4. The value of leguminous crops in agriculture]. Moscow. Nemchinovka. Russian Agricultural Academy Publ., 2009, pp. 34-40. (In Russian)

УДК 633.11.

## КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СОРТОВ И СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И КАЧЕСТВА ЗЕРНА

**Н.А. СТЕПАНОВА**, старший научный сотрудник

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

**Е.Е. ЯНДУБАЙКИН**

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР», ОРЕЛ

*В данной статье приводятся экспериментальные данные по изучению кластерного анализа селекционного материала яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна. В каждом кластере сгруппированы сорта и селекционные линии в зависимости от количественных признаков структуры урожая и их взаимодействия друг с другом. При использовании кластерного анализа сортов и селекционных линий мягкой яровой пшеницы были выделены перспективные кластеры, превосходящие отечественные и зарубежные сорта по сочетанию хозяйственно ценных признаков. Кластерный анализ позволил сгруппировать наиболее сходные и близкие сорта. Сорта Дарья (2021 и 2022 гг.), Одета (2022 г.) и селекционная линия Л-57 (2021 г.) образуют отдельные кластеры. Отмечено сходство между сортами Гранова, Грани, Корнетто. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы показал, что направления селекции на высокую продуктивность колоса и качество зерна являются перспективными. В 2022 г. выявлена селекционная линия Д22 с массой зерна с колоса 1,86 г, образующая отдельный кластер. Сформированы селекционные кластеры №7 в 2021 г. и №№ 6, 7 в 2022 г. с содержанием белка в зерне 15,5...16,7%. При помощи кластерного анализа сортов мягкой яровой пшеницы были выделены новые кластеры, превосходящие отечественные и зарубежные сорта по набору хозяйственно ценных признаков, что позволит более целенаправленно вести отбор селекционного материала.*

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, сорт, селекционная линия, урожайность, структурный анализ, показатели качества зерна, селекционный кластер.

**Для цитирования:** 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): 107-116. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116

## CLUSTER ANALYSIS OF VARIETIES AND BREEDING LINES OF SPRING SOFT WHEAT BY INDICATORS OF STRUCTURAL ANALYSIS AND GRAIN QUALITY

**N.A. Stepanova, V.S. Sidorenko, E.E. Yandubaykin**

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

**Abstract:** *This article presents experimental data on the study of cluster analysis of the breeding material of spring soft wheat in terms of structural analysis and grain quality. In each cluster, varieties and breeding lines are grouped depending on the quantitative characteristics of the crop structure and their interaction with each other. When using cluster analysis of varieties and breeding lines of soft spring wheat, promising clusters were identified that surpass domestic and foreign varieties in terms of a combination of economically valuable traits. Cluster analysis*

*allowed grouping the most similar and close varieties. Varieties Daria (2021 and 2022), Odeta (2022) and the breeding line L-57 (2021) form separate clusters. There is a convergence between the varieties Granova, Facets, Cornetto. Cluster analysis of soft spring wheat varieties has shown that the directions of breeding for high ear productivity and grain quality are promising. In 2022, the D22 breeding line was identified with a grain weight per ear of 1.86 g, which forms a separate cluster. Breeding clusters No. 7 in 2021 and Nos. 6, 7 in 2022 were formed with a protein content in grain of 15.5 ... 16.7%. With the help of cluster analysis of soft spring wheat varieties, new clusters were identified that surpass domestic and foreign varieties in terms of a set of economically valuable traits, which will allow more targeted selection of breeding material.*

**Keywords:** spring soft wheat, variety, breeding line, yield, structural analysis, grain quality indicators, breeding cluster.

### Введение

Яровая мягкая пшеница одна из основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в центральной России. Увеличение объёма производства и улучшение качества зерна – важные задачи развития сельского хозяйства. Урожайность в значительной степени зависит от возделываемых сортов и своевременной сортомены их более совершенными генотипами [2]. Центральный и Центрально-Чернозёмный регионы являются одними из крупнейших производителей зерна яровой мягкой пшеницы в России. Площадь посевов в Центральном федеральном округе в 2022 г, составила 1236,6 тыс. га, валовой сбор – 5016,3 тыс. т, урожайность 4,12 т/га, что на 22,9% выше, чем в 2021 г. Задача обеспечения стабильными и высокими урожаями зерна была и остаётся актуальной. В современных условиях развития сельскохозяйственного производства при освоении инновационных технологий основная роль в повышении урожайности яровой пшеницы и снижении затрат на производство зерна принадлежит научно обоснованному подбору сортов [3].

Кластерный анализ является разновидностью задачи классификации, когда отсутствует множество представительства (эталонов), Он состоит в объединении объектов в группы (кластеры) в зависимости от степени сходства, определяемой по ряду критериев (признаков, свойств) [4]. Кластерный анализ применяется для решения широкого спектра задач, но чаще всего речь идет именно о задаче сегментации. Все исследования, посвященные проблеме сегментации, безотносительно того, какой используется метод, имеют целью идентифицировать устойчивые группы, каждая из которых объединяет в себя объекты с похожими характеристиками [5]. Использование кластерного анализа как метода индивидуального отбора у проса [6] и экспериментальная проверка кластеризации при изучении селекционного материала яровой твёрдой пшеницы и межвидовых гибридов позволили выявить тенденции повышения эффективности селекционного процесса [7, 8].

**Цель исследований:** на основе кластерного анализа провести группировку сортов и новых линий мягкой яровой пшеницы различного происхождения и селекционных линий по показателям структурного анализа и качества зерна для использования в селекционном процессе.

### Материалы и методика исследований

Объектами исследований являлись высокопродуктивные отечественные и зарубежные сорта мягкой яровой пшеницы, рекомендованные для выращивания в центральных регионах РФ [1], а также новые селекционные линии, созданные в ФНЦ ЗБК.

Экспериментальные посеы были размещены на полях № 1, № 2 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 учетная площадь каждой делянки составляла 7,5 м<sup>2</sup>. Количество рядков на делянке – 11 шт., ширина междурядий – 15 см. Размещение делянок в опыте рендомизированное и парное, повторность 3-5-кратная. Перед посевом внесена

азофоска ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ) в количестве 150 кг/га, Посев проводился селекционной сеялкой СКС-6-10 (порционный и кассетный варианты), Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Обработка посевов от сорняков в фазу кушения гербицидом Примадонна, СЭ 0,8 л/га, для защиты растений от вредителей – инсектицид Кинфос 0,25 л/га.

Отбор проб для анализа растений по элементам структуры урожая проводилась по мере созревания сортообразцов. Для структурного анализа с каждой делянки отбиралось 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).

**Особенности погодных условий.** В 2021 г, среднемесячная температура апреля и мая была ниже среднемноголетней на 0,7°C и 0,4°C. Количество осадков в мае было в 1,5 раза больше обычного, что способствовало благоприятному развитию пшеницы (ГТК=1,32). Вместе с тем, июнь был очень засушливым (ГТК=0,49), а июль засушливым (ГТК=0,74). Это обусловило ускоренное развитие растений после фазы колошения и короткий период налива зерна. В целом можно отметить, что погодные условия вегетационного периода были засушливыми (ГТК=0,83), а повышенные температуры в июне-июле существенно отразилась на формировании урожая отдельных сортообразцов. Уборка яровой пшеницы проведена 17-18 августа в фазу полного созревания селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130.

В 2022 г, среднемесячная температура мая была ниже среднемноголетней на 2,8°C. Количество осадков в апреле было рекордным в 4 раза больше обычного, что привело к позднему посеву яровых зерновых культур – 11 мая. Вместе с тем, июнь был засушливым (ГТК=0,92) и июль слабо засушливым (ГТК=1,07), август очень засушливым (ГТК=0,48). Наблюдалось интенсивное развитие растений после фазы колошения и относительно короткий период налива зерна у яровой пшеницы. В целом, можно отметить, что погодные условия вегетационного периода были слабо засушливыми (ГТК=1,00), а повышенные температуры в августе существенно отразилась на формировании урожая отдельных сортообразцов. Уборка яровой пшеницы в 2022 г. была проведена 24-25 августа в фазу полного созревания селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130.

### Результаты и их обсуждение

Результаты структурного анализа растений в сортоиспытании за 2021 г, позволили выявить существенные различия между сортообразцами по отдельным признакам и показателям главного колоса. Высота растений колебалась от 68 см у сортов Гранни, Гранова до 82 см у сорта Л-57. Лучшими фенотипами по длине и числу зерен с колоса является линия Ф-10-3410. Можно выделить ряд новых линий с хорошо озерненным колосом более 50 шт./колос. По массе 1000 зерен лучшим являются сорта Корнетто, Арабелла и Памяти Коновалова. Наиболее устойчивы к полеганию были короткостебельные сорта (табл. 1).

По результаты структурного анализа фенотипов в сортоиспытании в 2022 году были выявлены различия между сортообразцами по отдельным признакам и продуктивности колоса. Высота растений колебалась от 58 см у сорта Ясмунд до 91 см у линии Л-57. Наиболее устойчивы к полеганию были короткостебельные сорта Ясмунд, Одета, линия ГрПК эритро. Наиболее высокий показатель продуктивной кустистости, который связан с массой зерна с растения и сухой массой растений, отмечен у сортов: Одета, Ликамеро, Ясмунд и селекционных линий Д22 лют, А8А10Ж4 фер. Лучшими фенотипами по длине колоса, массе колоса, числу зерен с колоса и массе зерна с главного колоса (МЗК) являются селекционные линии: мильтурум Ф7/3410 д17 и лютеценс Д22.

Таблица 1

**Элементы структуры урожая сортообразцов яровой мягкой пшеницы, 2021 г.**

Сорт	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число зёрен с колоса, шт.	Масса зерна колоса, г	Масса 1000 зёрен, г
Дарья	73,2	1,9	8,6	29,5	1,0	35,2
Гранни	68,1	1,9	10,1	44,8	1,5	33,8
ГрПК №19	68,8	2,3	10,1	46,5	1,5	33,2
Гранова	67,9	2,1	10,2	44,1	1,6	35,7
Корнетто	70,1	1,8	8,8	40,1	1,6	40,1
Лицамеро	71,9	2,3	9,7	37,2	1,4	37,7
Арабелла	70,9	1,9	7,7	34,0	1,3	39,5
Лиза	77,0	1,8	9,1	46,4	1,5	32,6
Бомбона	74,0	2,5	9,8	39,4	1,1	29,2
Ласка	72,0	2,4	9,9	43,3	1,1	26,5
Мандарина	73,1	2,4	9,1	45,3	1,5	33,3
Памяти Коновалова	68,5	2,6	9,5	35,5	1,3	37,4
Гранни х Л-57	71,0	2,6	11,6	50,3	1,2	23,0
Ф-7-3410	68,4	2,6	11,7	50,7	1,2	22,7
Ф-10-3410	70,0	2,4	12,1	52,7	1,3	25,0
7УФ 3507-1	73,4	2,6	10,2	54,8	1,3	23,1
7УФ 3507-2	70,3	2,1	10,4	48,9	1,2	25,8
Л-57	82,2	1,9	11,0	43,5	1,4	31,9
Среднее по опыту	71,7	2,2	9,9	43,7	1,3	31,4
НСР <sub>05</sub>	3,6	0,3	1,1	6,8	0,2	5,9

Можно выделить сорта Гранова, Корнетто, Одета с высокой продуктивностью главного колоса более 1,7 г. Высокой массой 1000 зерен (МТЗ более 45 г) характеризовались сорт Корнетто и линия ГрПК эритро (табл. 2).

Таблица 2

**Элементы структуры урожая сортообразцов яровой мягкой пшеницы, 2022 г.**

Сорт	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число зёрен с колоса, шт.	Масса зерна колоса, г	Масса 1000 зёрен, г
Дарья, ст,	81,1	1,3	5,9	29,9	1,21	40,8
Одета	<b>63,6</b>	<b>2,5</b>	6,4	32,4	1,44	44,6
Лицамеро	71,1	2,0	6,9	38,9	<b>1,72</b>	44,4
Арабелла	67,5	1,7	6,2	36,6	1,38	37,8
Лиза	65,4	1,3	6,5	35,0	1,40	40,1
Бомбона	77,0	1,9	7,2	31,7	1,24	38,6
Ласка	71,0	1,6	5,9	31,1	1,27	40,3
Мандарина	72,5	<b>2,2</b>	6,8	44,7	1,48	33,3
ГрЛ57 мил	69,2	1,4	8,3	41,7	1,55	37,2
Ф7/3410 д15 мил	73,2	1,8	8,8	43,7	1,61	36,7
Ф10/3410 д16 мил	71,7	1,4	8,7	44,7	1,66	36,8

<i>Продолжение табл. 2</i>						
Е2 + Е7 мил	70,7	1,8	9,3	44,2	1,50	33,7
Ф7/3410 д17мил	77,4	1,3	<b>9,6</b>	<b>48,0</b>	<b>1,79</b>	37,5
Л 57	91,5	1,3	9,0	39,3	1,51	38,1
Ясмунд	<b>58,0</b>	<b>2,3</b>	6,3	39,6	1,65	41,6
Д22 люг	70,6	<b>2,3</b>	<b>10,1</b>	<b>51,2</b>	<b>1,87</b>	36,5
А10А8Ж4 фер	79,6	<b>2,7</b>	7,6	33,6	1,45	43,4
ГрПК №19	<b>60,1</b>	1,4	5,7	22,4	1,01	<b>45,4</b>
7 УФ/3507 эритро	67,5	1,7	6,4	36,4	1,23	34,2
7 УФ/3507 урал	69,6	1,2	7,3	40,7	1,41	34,4
Памяти Коновалова	72,2	<b>2,6</b>	7,4	35,3	1,57	44,6
Гранова	70,3	1,6	8,4	40,5	<b>1,81</b>	44,6
Гранни	66,9	1,9	8,4	35,4	1,57	44,3
Корнетто	65,1	1,6	7,9	37,9	<b>1,78</b>	<b>47,1</b>
Среднее по опыту	71,0	1,8	7,5	37,7	1,5	39,6
НСР <sub>05</sub>	6,8	0,4	1,2	6,4	0,2	4,1

В результате исследований установлено, что все сортообразцы мягкой пшеницы по качеству зерна в 2021-2022 гг. отвечают требованиям для производства муки и крупы. По содержанию белка в зерне и сырой клейковины наиболее высокие значения в 2021 г. отмечены у сортообразца Л-57, существенно превысили стандарт Дарья по содержанию сырой клейковины новые линии: Гранни х Л-57, Ф-7/3410. Наиболее высокие значения по содержанию крахмала (более 65%) характерны для сортов зарубежной селекции: Мандарина, Ликамеро, Арабелла (табл. 3).

Таблица 3

**Качество зерна образцов яровой мягкой пшеницы, 2021 г.**

Сорт	Белок, %	Сырая клейковина, %	Крахмал, %
Дарья	14,7	25,5	62,8
Гранни	14,0	23,8	63,9
ГрПК №19	14,2	24,8	64,3
Гранова	13,9	23,7	64,4
Корнетто	14,2	25,6	65,0
Ликамеро	14,5	26,5	<b>65,4</b>
Арабелла	14,6	26,8	<b>65,2</b>
Лиза	15,7	28,5	62,4
Бомбона	15,5	28,9	63,2
Ласка	14,7	25,8	63,7
Мандарина	13,1	22,3	<b>66,0</b>
Памяти Коновалова	15,3	24,1	60,4
Грани х Л-57	16,9	29,1	58,3
Ф-7/3410	16,5	29,2	60,1
Ф-10/3410	16,1	28,5	60,1
7УФ/3507	<b>17,3</b>	27,1	57,6
Л-57	<b>18,7</b>	<b>35,4</b>	60,1
среднее	15,3	26,8	62,5
НСР <sub>05</sub>	1,4	3,1	2,6

В 2022 г. наибольший выход зерна отмечен у сортов Дарья, Лиза. По содержанию белка в зерне и сырой клейковины наиболее высокие значения также, как и в 2021 г., отмечены у сортообразца Л-57, являющегося источником повышенного содержания белка и клейковины. Новые селекционные линии 7 УФ/3507 также существенно превысили стандарт Дарья по содержанию протеина. Высокое содержание сырой клейковины и протеина характерно для новой линии ферругинеум А10А8Ж4. Наиболее высокие значения по содержанию крахмала (более 65%) также были характерны для сортов зарубежной селекции: Мандарина, Ласка, Одета, Арабелла (табл.4).

Таблица 4

**Качество зерна образцов яровой мягкой пшеницы, 2022 г.**

Сорт, линия	Выход зерна, %	Белок, %	Сырая клейковина, %	Крахмал, %
Дарья	<b>52,9</b>	14,2	25,4	64,0
Одета	44,5	14,4	26,4	<b>65,1</b>
Ликамеро	47,1	14,2	25,6	65,0
Арабелла	50,7	14,2	25,7	<b>65,1</b>
Лиза	<b>54,5</b>	15,3	28,2	64,3
Бомбона	43,9	14,7	27,6	64,5
Ласка	52,7	13,8	24,4	<b>65,4</b>
Мандарина	44,8	13,4	23,3	<b>65,8</b>
ГрЛ57 д14-4 мил	47,6	15,0	26,9	61,5
ГрЛ57 д14-5 мил	41,4	15,0	26,9	61,5
Ф7/3410 д15 мил	44,7	14,9	26,7	61,4
Ф10/3410 д16	49,8	15,0	26,8	62,0
Е2 + Е7 мил	43,8	14,9	25,5	60,8
Ф7/3410 д17 мил	47,8	14,7	26,2	62,7
Л 57	43,7	<b>17,0</b>	<b>31,4</b>	61,1
Ясмунд	48,3	15,6	27,1	61,1
Д22 д18-2 лют	42,2	14,7	25,3	61,3
А10А8Ж4 ферр	35,1	<b>15,9</b>	<b>28,9</b>	61,9
ГрПК №19	48,2	15,2	26,8	62,6
7 УФ/3507 эритро	38,8	<b>16,2</b>	22,4	57,7
7 УФ/3507 урал	48,2	<b>16,3</b>	22,5	58,4
Памяти Коновалова	42,3	15,8	22,8	58,6
Гранова	50,6	14,6	25,7	63,5
Гранни	48,5	14,7	26,2	63,5
Корнетто	49,6	14,2	25,8	64,4
среднее	46,5	15,0	26,0	62,5
НСР <sub>05</sub>	4,6	0,8	2,0	2,2

Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы в 2021 году по показателям структурного анализа и качества зерна позволил сформировать 8 кластеров. Заслуживает внимания кластер №2, в котором сгруппированы высокоурожайные сорта Корнетто, Арабелла, рекомендованные для выращивания в Центрально-Чернозёмном регионе. Кластер №5 представлен однотипными сортами, созданными на основе пластичного сорта Гранни, хорошо зарекомендовавшим себя в производстве. В кластер №6 вошли высокотехнологичные сортообразцы: новый сорт Памяти Коновалова и сорт Ликамеро, Кластеры №7, №8, включают новые линии яровой мягкой пшеницы с высоким содержанием протеина и сырой клейковины в зерне (рис. 1, таблицы 5, 6).



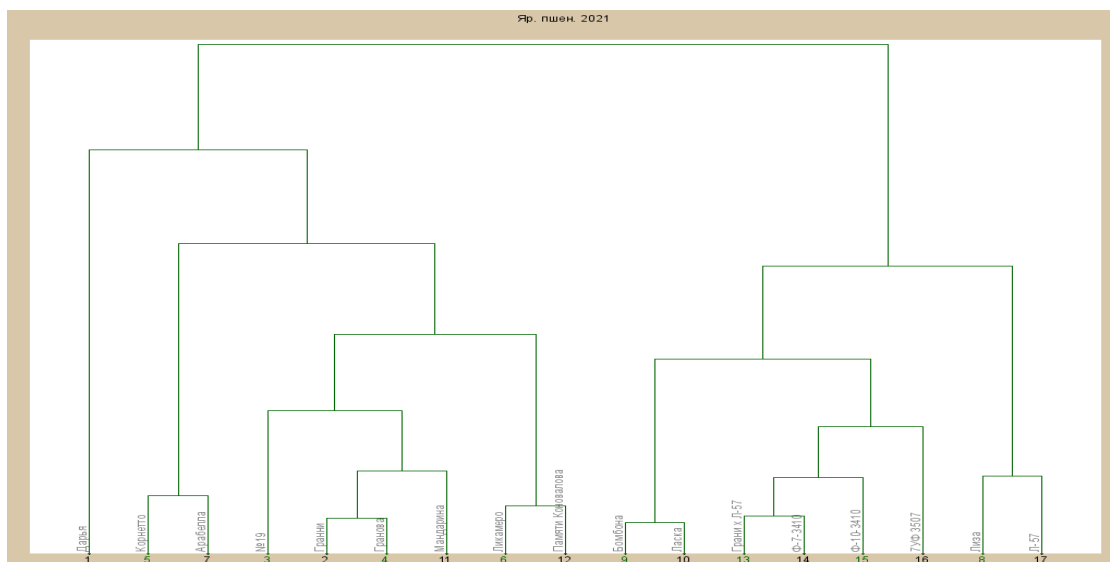


Рис. 1. Дендрограмма кластерного анализа элементов структуры урожая и качества зерна сортов и линий яровой мягкой пшеницы, 2021 г.

Таблица 5

**Сформированные кластеры, 2021 г.**

1	Дарья
2	Корнетто, Арабелла
3	Лиза
4	Бомбона, Ласка
5	Гранни, ГрПК №19, Гранова, Мандарина
6	Лицамеро, Памяти Коновалова
7	Гранни x Л-57, Ф7-3410-1, Ф10-3410-2, 7УФ 3507
8	Л-57

Таблица 6

**Характеристика сформированных кластеров, 2021 г.**

№ клас-тера	Урожай-ность, т/га	Высота, см	Кусти-стость, шт.	Длина колоса, см	ЧЗК, шт.	МЗК, г	М1000, г	Белок, %	Крахмал, %
1	3,13	73,2	1,90	8,60	30,00	1,02	35,20	14,70	62,80
2	4,26	70,5	1,85	8,25	37,00	1,48	39,80	14,40	65,10
3	2,47	77,0	1,80	9,10	46,00	1,49	32,60	15,70	62,40
4	2,54	73,0	2,45	9,85	41,00	1,15	27,85	15,10	63,45
5	3,56	69,4	2,17	9,88	45,25	1,54	34,00	13,80	64,65
6	3,75	70,2	2,45	9,60	36,00	1,36	37,55	14,90	62,90
7	2,87	70,3	2,50	11,42	51,50	1,23	23,80	16,70	59,03
8	3,12	82,2	1,90	11,00	44,00	1,37	31,90	18,70	60,10

Примечание: ЧЗК – число зерен с колоса, МЗК – масса зерна с колоса, М1000 – масса 1000 зерен.

Таким образом, в качестве источников хозяйственно-полезных признаков можно выделить сортообразцы: повышенной озерненности колоса (более 50 шт.): Л-57 и новые линии. По показателям качества зерна выделены источники с повышенным содержанием белка: линия Л-57 и 7УФ 3507. Впервые создан методом индивидуального отбора высокопродуктивных, короткостебельных растений новый сорт яровой мягкой пшеницы Памяти Коновалова с фиолетовым цветом зерна из гибридной популяции: (Лаваль 19 x Гранни) x Гранни.

В 2022 г. кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по

показателям структурного анализа и качества зерна с учетом селекционных индексов позволил сформировать также 8 кластеров. Высокоурожайные сорта Дарья и Одетта представлены в кластерах № 1 и № 2. Они представляют перспективный исходный материал для включения в гибридизацию. В кластере № 3 сгруппированы сорта разновидности лютеценс и новая селекционная линия разновидности мильтурум. Новая селекционная линия Д22 с высокой продуктивностью колоса выделена в отдельный кластер № 4, представляющий интерес для создания сортов нового фенотипа. Кластер № 5 представлен короткостебельной остистой линией разновидности эритроспермум с более высокой урожайностью, чем у сортов данного фенотипа, сгруппированных в кластере № 8. В кластеры № 5, № 6 вошли новые оригинальные линии с высоким содержанием протеина в зерне, в том числе, с фиолетовой окраской зерна (сорт Памяти Коновалова и линия 7УФ 3507 урал) (рис. 2, таблицы 7, 8).

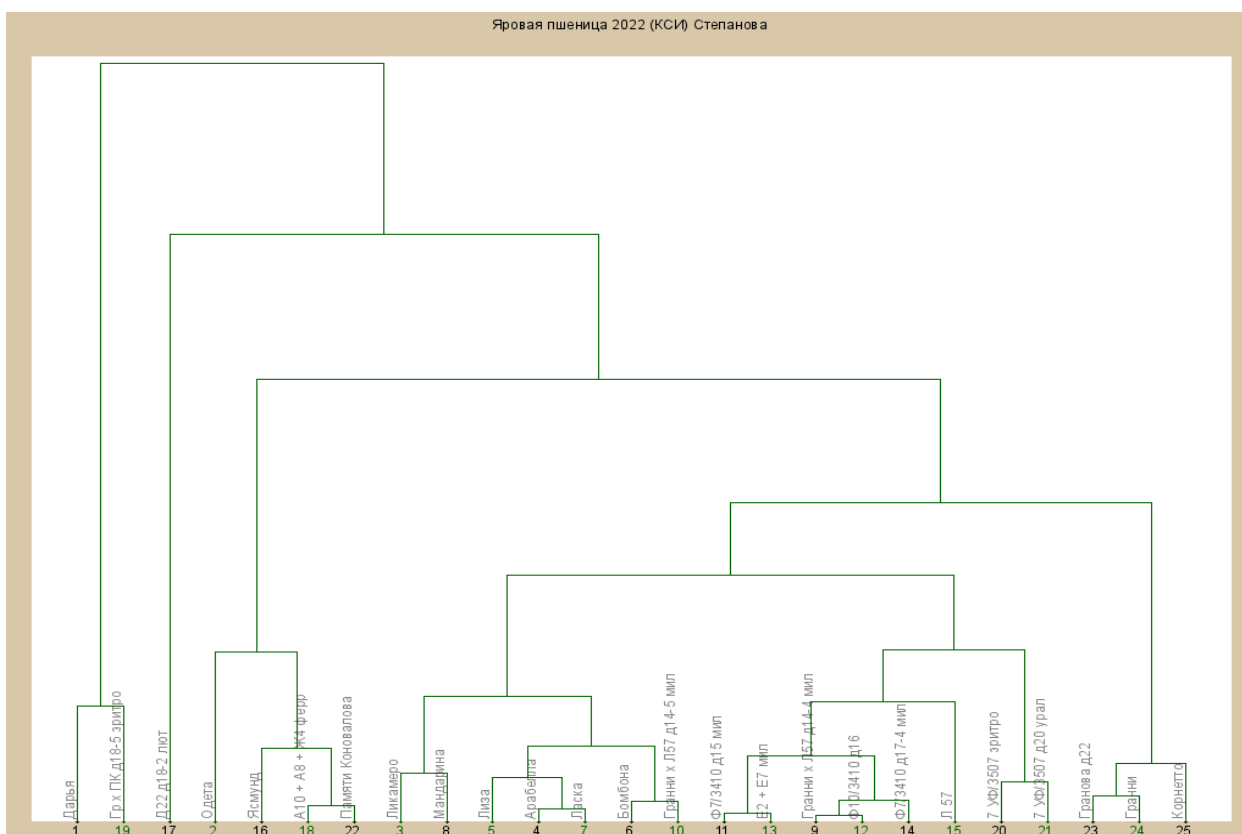


Рис. 2. Дендрограмма кластерного анализа элементов структуры урожая и качества зерна сортов и линий яровой мягкой пшеницы, 2022 г.

Таблица 7

**Сформированные кластеры, 2022 г.**

№ п,п,	Варианты вошедшие в кластер	N	Min	Среднее	Max	SS
1	Дарья					
2	Одетта					
3	Ликамеро, Арабелла, Лиза, Бомбона, Ласка, Мандарина Гранни x Л57-5 мил	7,00	0,04	0,15	0,41	0,008
4	Д22 д18-2 лют					
5	Гр x ПК д18-5 эритро					
6	Грани x Л57-4 мил, Ф7-3410-16 мил, Ф7-3410-17 мил, Ф10-3410, Е2+Е7 мил, Л 57, 7УФ 3507 эритро, 7УФ 3507 урал	8,00	0,02	0,17	0,54	0,012
7	Ясмунд, А10 + А8 + Ж4 ферр, Памяти Коновалова	3,00	0,04	0,18	0,35	0,016
8	Гранова, Гранни, Корнетто	3,00	0,08	0,09	0,10	0,000

**Характеристика сформированных кластеров, 2022 г.**

№ кластера	Урожайность, т/га	Высота, см	Кустистость, шт.	Длина колоса, см	ЧЗК, шт.	МЗК, г	М1000, г	Белок, %	Крахмал, %
1	6,95	81,1	1,10	5,9	29,9	1,21	40,8	14,2	64,0
2	7,36	63,6	2,50	6,3	32,4	1,44	44,6	14,4	65,1
3	6,27	70,5	1,78	6,9	36,3	1,40	38,8	14,3	64,5
4	4,96	70,6	2,30	10,1	51,2	1,86	36,5	14,7	61,3
5	4,81	60,1	1,40	5,7	22,4	1,01	45,4	15,2	62,6
6	4,79	73,8	1,48	8,4	42,3	1,53	36,1	15,5	60,7
7	4,67	69,9	2,53	7,1	36,2	1,55	43,2	15,8	60,5
8	4,32	67,4	1,70	8,2	37,9	1,71	45,3	14,5	63,8

**Заключение**

Кластерный анализ позволил сгруппировать наиболее сходные и близкие сорта. Сорта Дарья (2021 и 2022 гг.), Одетта (2022 г.) и селекционная линия Л-57 (2021 г.) образуют отдельные кластеры. Отмечено сходство между сортами Гранова, Грани, Корнетто. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы показал, что направления селекции на высокую продуктивность колоса и качество зерна являются перспективными. В 2022 г. выявлена селекционная линия Д22 с массой зерна с колоса 1,86 г, образующая отдельный кластер. Сформированы селекционные кластеры №7 в 2021 г. и №№ 6, 7 в 2022 г. с содержанием белка в зерне 15,5-16,7%. При помощи кластерного анализа сортов мягкой яровой пшеницы были выделены новые кластеры, показатели которых превосходят отечественные и зарубежные сорта по хозяйственно-ценным признакам. Это позволит целенаправленно вести отбор селекционного материала с высоким качеством зерна и приспособленного к условиям регионов центральной России.

**Литература**

1. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Костромичева В.А. Определение продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №3 (39). – С. 91-96. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-41-49.
2. Степанова Н. А. Перспективы возделывания яровой пшеницы. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в условиях импортозамещения». – Орел, –2022. – С. 131-134. (Электронный ресурс: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=49956479>).
3. Малокозова Е.И. Характеристика генотипов яровой мягкой пшеницы по комплексу хозяйственноценных признаков. Международный научно-исследовательский журнал. 2017; (12-3):123-126. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.106>
4. Суслов С.А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки // Вестник «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт». НГЭИ. – 2010. – №1. – С. 51–57.
5. Шаманин В.П., Петуховский С.Л., Краснова Ю.С. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы по элементам структуры урожая в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4 (115). – С. 147-152. – EDN VTFHRP
6. Чекалин Н.М., Тищенко В.Н., Сидоренко В.С. Использование кластерного анализа как метода индивидуального отбора у проса (*Panicum miliaceum* L.) //Вісник Полтавської Державної аграрної академії. – 2009. – № 2. – С. 10-17.
7. Тугарева Ф.В., Сидоренко В.С., Вильюнов С.Д. Использование кластерного анализа при выявлении ценного селекционного материала межвидовых гибридов яровой пшеницы (*Triticum durum* x *Triticum dicocum*). //Сборник: Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Орел, – 2019. – С. 159-161. (Электронный ресурс: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=41522836>).

8. Sidorenko V.S., Tugareva F.V., Starikova Zh.V. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat./IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012105. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012105 (Scopus)
9. Рубец В.С., Ворончихина И.Н., Игонин В.Н., Сидоренко В.С., Ворончихин В.В. Характеристика фиолетовозерных сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России. /Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022, том 65, – № 5 (389). – С. 525-529. DOI: 10.55186/25876740-2022-65-5-525

#### References

1. Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Kostromicheva V.A. Opredelenie produktivnosti yarovoi myagkoi pshenitsy na osnove selektsionnykh indeksov [Determination of the productivity of spring soft wheat based on breeding indices]; *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no.3 (39), pp. 91-96 (In Russian)
2. Stepanova N. A. Perspektivy vozdeleyvaniya yarovoi pshenitsy. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov «Osobennosti selektsii i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v usloviyakh importozameshcheniya». [Prospects for the cultivation of spring wheat. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists "Peculiarities of breeding and seed production of agricultural crops in the context of import substitution."]. Orel, 2022, pp. 131-134. (Electronic resource: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=49956479>). (In Russian)
3. Malokostova E.I. Kharakteristika genotipov yarovoi myagkoi pshenitsy po kompleksu khozyaistvennotsennykh priznakov [Characteristics of genotypes of spring soft wheat according to a complex of economically valuable traits]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skiizhurnal*. 2017, (12-3), pp.123-126. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.106> (In Russian)
4. Suslov S.A. Klasternyi analiz: sushchnost'. preimushchestva i nedostatki [Cluster analysis: essence. Advantages and disadvantages]. *Vestnik NGEI*, 2010, no.1, pp. 51-57. (In Russian)
5. Shamanin V.P., Petukhovskii S.L., Krasnova Yu.S. Klasternyi analiz sortov myagkoi yarovoi pshenitsy po elementam struktury urozhaya v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Cluster Analysis of Soft Spring Wheat Varieties by Yield Structure Elements in the Southern Forest-Steppe of Western Siberia], *Vestnik KrasGAU*, 2016, no. 4(115), pp. 147-152, EDN VTFHRP (In Russian)
6. Chekalin N.M., Tishchenko V.N., Sidorenko V.S. Ispol'zovanie klasternogo analiza kak metoda individual'nogo otbora u prosa (*Panicum miliaceum* L.) [The use of cluster analysis as a method of individual selection in millet (*Panicum miliaceum* L.)], *Visnik Poltav'skoi Derzhavnoi agrarnoi akademii*, 2009, no. 2, pp. 10-17. (In Russian)
7. Tugareva F.V., Sidorenko V.S., Vilyunov S.D. Ispol'zovanie klasternogo analiza pri vyyavlenii tsennogo selektsionnogo materiala mezhdvidovykh gibridov yarovoi pshenitsy (*Triticum durum* kh *Triticum dicoccum*) [The use of cluster analysis in identifying valuable breeding material of interspecific hybrids of spring wheat (*Triticum durum* x *Triticum dicoccum*)]. V sbornike: Rol' molodykh uchenykh v innovatsionnom razvitii sel'skogo khozyaistva: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov (Orel. 11-14 noyabrya 2019 g.) [In the collection: The role of young scientists in the innovative development of agriculture: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists (Orel. November 11-14, 2019)], Orel: FGBNU FNTs ZBK, 2019, pp. 159-161, (Electronic resource: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=41522836>). (In Russian)
8. Sidorenko V.S., Tugareva F.V., Starikova Zh.V. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat./IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012105. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012105(Scopus)
9. Rubets V.S., Voronchikhina I.N., Igonin V.N., Sidorenko V.S., Voronchikhin V.V. Kharakteristika fioletovozernykh sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo raiona Nечерноземной зоны России [Characteristics of violet-grain varieties of spring soft wheat in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of Russia]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2022, v. 65, no. 5 (389), pp. 525-529. (In Russian) DOI: 10.55186/25876740-2022-65-5-525

## АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

**Т.Б. КУЛЕВАТОВА**, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127;  
E-mail: L9172193438@yandex.ru

**Л.Н. ЗЛОБИНА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3866-8060;

**Г.А. БЕКЕТОВА**, ORCID ID: 0000-0001-5277-3169; E-mail: gulnarabeketova@yandex.ru;

**Л.В. АНДРЕЕВА**, кандидат сельскохозяйственных наук; ORCID ID: 0000-0002-3631-1084;  
E-mail: l.v.andreeva\_75@mail.ru

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЮГО-ВОСТОКА», САРАТОВ

*В статье приведены результаты изучения сортообразцов яровой мягкой пшеницы основного конкурсного испытания лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Выявлена информативность показателей: содержание клейковины, качество клейковины на приборе ИДК-3М, объемный выход хлеба (ОВХ). Однофакторным дисперсионным анализом установлено, что по содержанию клейковины и показателю ИДК-3М генотипические различия подтверждаются на 5%-ном уровне значимости F-критерия, поэтому данные индексы наиболее информативны в селекции на качество яровой мягкой пшеницы. Пределы варьирования признаков соответственно составили 23,9-29,3% и 57,3-74,6 ед. ИДК. Значимость различий по объемному выходу хлеба не подтвердилась. Установлена незначительная изменчивость показателя ОВХ у 8 сортов из 17 изученных, у 9 – средняя изменчивость (по коэффициенту межсортовой вариации). По содержанию клейковины 12 из 17 сортов имели незначительную изменчивость, а всего лишь 5 – среднюю. Что же касается показателя ИДК-3М, то только 4 сорта проявили среднюю изменчивость, а 13 из числа изученных обладали незначительной изменчивостью. Методом корреляционного анализа (путем составления матрицы коэффициентов корреляции) доказаны генотип-средовые взаимодействия только по одному изучаемому признаку – содержанию клейковины, поэтому анализировали пластичность, стабильность и гомеостатичность сортообразцов только по нему. Применяя метод Эберхарта и Рассела, выявлены сорта пластичные, т.е. которые проявляют прогрессивное увеличение признака под влиянием условий выращивания, и непластичные, которые будут показывать лучшие результаты в неблагоприятных условиях среды. По стабильности наименее перспективны Саратовская 76, Эритроспермум 2279, Эритроспермум 2309, Саратовская 55, Альбидум 2295, Альбидум 2312 и Грекум 2283. Саратовская 76, Грекум 2283, Эритроспермум 2253, Саратовская 29, Саратовская 68, Лютесценс 2297 и Эритроспермум 2309 характеризуются гомеостатичностью выше средней, а формы Альбидум 2312, Фаворит, Эритроспермум 2280, Альбидум 2295 и Эритроспермум 2279 – ниже средней. Остальные обладают средним гомеостазом.*

**Ключевые слова:** зерно, яровая мягкая пшеница, количество и качество клейковины, пробная выпечка хлеба.

**Для цитирования:** 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): 117-124. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-117-124

## ASPECTS OF GRAIN QUALITY OF SPRING SOFT WHEAT

**T.B. Kulevatova, L.N. Zlobina, G.A. Beketova, L.V. Andreeva**  
FSBSI «FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER OF SOUTH-EAST», SARATOV

**Abstract:** *The paper presents the results of the study of varieties of spring soft wheat of the main competitive test of the laboratory of breeding and seed production of spring soft wheat of Federal Agrarian Scientific Center of the South-East, Saratov. The informative value of the indicators of gluten content, gluten quality on the IDK-3M device, volumetric bread yield (VBY) was revealed. One-factor analysis of variance has established that genotypic differences in gluten content and IDC-3M are confirmed at the 5% significance level of the F-criterion, therefore these indices are the most informative in breeding for the quality of spring soft wheat. The limits of variation of signs, respectively, were 23.9-29.3% and 57.3-74.6 units, etc. The significance of differences in the volume yield of bread was not confirmed. Insignificant variability of the VBY index was found in 8 varieties out of 17 studied, in 9 – average variability (according to the coefficient of intersort variation). In terms of gluten content, 12 out of 17 varieties had insignificant variability, and only 5 had average. As for the IDK-ZM indicator, only 4 varieties showed average variability, and 13 of the studied ones had insignificant variability. By the method of correlation analysis (by compiling a matrix of correlation coefficients), genotype-environmental interactions were proved only for one studied trait – the gluten content, therefore, the plasticity, stability and homeostaticity of varietal samples were analyzed only for it. Using the method of Eberhart and Russell, plastic varieties were identified, i.e., which show a progressive increase in the trait under the influence of growing conditions and non-plastic, which will show better results in adverse environmental conditions. In terms of stability, the least promising are Saratovskaya 76, Erythrosperrum 2279, Erythrosperrum 2309 Saratovskaya 55, Albidum 2295, Albidum 2312 and Grekum 2283. Saratovskaya 76, Grekum 2283, Erythrosperrum 2253, Saratovskaya 29, Saratovskaya 68, Lutescens 2297 and Erythrosperrum 2309 are higher than average homeostatic, and forms Albidum 2312, Favorit, Erythrosperrum 2280, Albidum 2295 and Erythrosperrum 2279 are lower than average homeostatic. The rest have an average homeostasis.*

**Keywords:** grain, spring soft wheat, quantity and quality of gluten, trial baking of bread.

### Введение

В последние годы Россия достигла значительных успехов в производстве зерна. Однако, как не раз отмечалось, увеличение урожайности, практически всегда, свидетельствует об ухудшении товарного качества зерна пшеницы. Причинами этого может стать изменение климата, количество вносимых удобрений [1,2]. Немаловажную роль играет качество зерна сортов, используемых аграриями, поэтому создание новых высококачественных сортов яровой пшеницы – один из основных путей повышения эффективности сельскохозяйственного производства [3]. Чтобы создать такой сорт, селекционеру необходимо 10-12 лет изучения. Перспективные линии и сорта проходят испытание в нескольких селекционных питомниках. Очень важно в процессе испытаний не потерять перспективные по качеству гибриды, поэтому на каждом этапе селекции используются специальные биохимические и физико-химические методики исследований, учитывающие навеску зерна и поставленные на том или ином этапе цели [4]. На конечном этапе исследований, после которого сорт районировается ФГБУ «Государственной комиссией Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений», проводят последнее сортоиспытание или, как иногда его называют, основное конкурсное [5]. Одними из важнейших показателей на данном этапе являются количество и качество клейковины и индексы хлебопекарного анализа.

Важно, чтобы сорт формировал зерно высокого качества из года в год. Для этого и существует анализ, так называемой, адаптивности растений или экологическое испытание. Теория адаптивности растений по признакам качества включает в себя такие понятия, как стабильность, пластичность и гомеостаз сорта [6-10].

**Цель работы** – оценить информативность индексов хлебопекарного качества и по возможности оценить адаптивные свойства сортов и линий яровой мягкой пшеницы по ним.

### Материалы и методы исследования

В качестве экспериментального материала привлекали сорта и линии яровой мягкой пшеницы урожая трех лет: 2019, 2020 и 2021 гг., выращенные в питомнике основного конкурсного испытания (ОКИ) лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшениц: Саратовская 29(С29), Лютесценс 2297 (Л 2297), Лютесценс 2316 (Л 2316), Фаворит (Ф), Саратовская 68 (С68), Саратовская 76 (С76), Эритроспермум 2305 (Эр2305), Эритроспермум 2253(Эр2253), Эритроспермум 2279 (Эр2279), Эритроспермум 2280 (Эр2280), Эритроспермум 2309 (Эр2309), Саратовская 55 (С55), Альбидум 2295 (А2295), Альбидум 2311 (А2311), Альбидум 2312 (А2312), Грекум 2282 (Гр2282), Грекум 2283 (Гр2283), Грекум 2306 (Гр2306). Почвы – маломощный южный чернозем. Анализировали зерно двух полевых повторностей. Предшественник – озимая пшеница. Площадь делянки, на которой велся учет, составляет 16,8 м<sup>2</sup>. Количество клейковины на приборе Глютоматик (Швеция) и хлебопекарную оценку проводили по методикам ФГБУ «Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений»; качество клейковины на приборе ИДК-3М. Экспериментальные данные подвергали однофакторному дисперсионному анализу и множественным сравнениям частных средних. Дифференцирующую способность оценивали по коэффициенту вариации (CV, %) Определение генотип-средовых взаимодействий устанавливали через вычисление корреляционной матрицы. О пластичности и стабильности сортов судили по величине и значимости соответственно коэффициента линейной регрессии (b<sub>i</sub>) и дисперсии стабильности (S<sup>2</sup>d<sub>i</sub>), оцениваемых по методу Eberhart b Russel [11]. Гомеостатичность оценивали по величине Н<sub>i</sub> [12].

### Результаты исследований и их обсуждение

В засушливых условиях Поволжья основной лимитирующий фактор формирования высококачественного зерна – количество осадков в период вегетации пшеницы и равномерность их распределения. Погодные условия в годы проведения эксперимента представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

#### Количество осадков за весенне-летний период 2019-2021гг. в сравнении с многолетними данными

Год	Май		Июнь		Июль		Август	
	мм	% от нормы	мм	% от нормы	мм	% от нормы	мм	% от нормы
2019	34,3	80,0	21,0	47,0	49,9	98,0	46,6	106,0
2020	48,0	112,0	81,0	180,0	5,0	10,0	68,0	155,0
2021	38,2	88,8	75,0	166,7	45,3	88,8	3,3	7,5

Таблица 2

#### Температура воздуха за весенне-летний период 2019-2021гг. в сравнении с многолетними данными

Год	Май		Июнь		Июль		Август	
	t °С	% от нормы	t °С	% от нормы	t °С	% от нормы	t °С	% от нормы
2019	18,5	123,0	22,8	110,0	21,4	103,0	19,2	97,0
2020	14,9	99,3	20,2	104,1	24,4	114,0	19,7	99,0
2021	18,8	125,3	21,8	112,4	24,4	114,0	24,5	123,1

Достаточно влажными были май 2020 и июнь 2020, 2021 годов, осадков выпало 112, 180 и 160% от нормы. Чего нельзя сказать про май 2019, 2021 годов и июнь 2019 года. Таким образом, влагообеспечение в годы проведения экспериментов было различным. Температура

всей вегетации яровой пшеницы была высокой, практически во все месяцы превышала норму для этого периода.

Вариабельность признака объемный выход хлеба (ОВХ) у сортообразцов за три года исследований составила 735 - 925 см<sup>2</sup>. К сожалению, достоверность значимости различий в этот период статистически не подтвердилась (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели хлебопекарной оценки  
яровой мягкой пшеницы урожая 2019-2021 гг.**

№ п/п	Название сорта	Объемный выход хлеба, см <sup>3</sup>	Содержание клейковины, %	Показатель ИДК-3М, ед. ИДК
1.	С 29	925	26,7abcde	65,0abc
2.	Л 2297	902	27,2bcde	71,0c
3.	Л 2316	867	26,4abcde	71,3c
4.	Ф	862	25,9abcd	71,3c
5.	С 68	777	26,8bcde	65,6abc
6.	С 76	812	29,3e	70,6c
7.	Эр 2305	823	26,2abcde	64,6abc
8.	Эр 2253	877	28,3cde	74,6c
9.	Эр2279	843	23,9ab	69,3bc
10.	Эр 2280	843	24,9ab	68,3bc
11.	Эр2309	735	26,5abcde	73,3c
12.	С 55	792	25,9abcd	57,3c
13.	А 2295	832	23,5a	60,0ab
14.	А 2311	867	27,1bcde	67,0abc
15.	А 2312	870	26,1abcde	66,3abc
16.	Гр 2282	877	26,1abcde	66,6abc
17.	Гр 2283	860	28,8de	72,0c
	F	1,38	2,36*	2,18*
	НСР	114	2,82	8,88
	CV	9,84	8,70	9,20

*Примечание. \* - Значимо на 5%-ном уровне. Одинаковой латинской буквой обозначены незначимо различающиеся значения показателя по критерию множественных сравнений Дункана. CV- коэффициент сортовой вариации.*

По содержанию клейковины и показателю ИДК-3М генотипические различия подтверждаются на 5%-ном уровне F-критерия, поэтому данные индексы наиболее информативны в селекции на качество яровой мягкой пшеницы. Пределы варьирования данных признаков соответственно составили 23,9-29,3% и 57,3-74,6 ед. ИДК. По классификационным нормам ФГБУ «Госсорткомиссии» изучаемые образцы представляют собой удовлетворительные филлеры, хорошие филлеры и пшеницы, наиболее ценные по качеству. Наиболее перспективны по содержанию клейковины сорт Саратовская 76 и линии Эритроспермум 2253, Грекум 2283, Лютесценс 2297. Клейковина оказалась достаточно крепкой у всех изучаемых сортообразцов основного конкурсного испытания. Это говорит об успехе селекции в аграрном центре на качество зерна яровой мягкой пшеницы.

Незначительная изменчивость показателя ОВХ по коэффициенту межсортовой вариации (CV) наблюдалась у 8 сортов из 17 изученных, у 9-ти – средняя изменчивость (табл. 4).



Таблица 4

**Дифференцирующая способность оценок качества зерна по коэффициенту вариации (CV, %)**

№ п/п	Название сорта	Объемный выход хлеба	Содержание клейковины	Показатель ИДК-3М
1.	С 29	7,43	10,75	13,85
2.	Л 2297	10,43	4,24	5,08
3.	Л 2316	16,69	7,10	7,06
4.	Ф	5,93	0,44	8,90
5.	С 68	13,03	8,30	6,16
6.	С 76	9,82	7,28	4,97
7.	Эр2305	12,17	6,87	3,22
8.	Эр 2253	10,78	2,47	6,33
9.	Эр 2279	8,07	7,11	5,46
10.	Эр 2280	4,45	10,16	10,59
11.	Эр 2309	1,80	11,72	4,17
12.	С 55	14,59	9,17	18,49
13.	А 2295	10,52	10,43	5,00
14.	А 2311	3,33	3,85	7,46
15.	А 2312	10,21	4,97	3,79
16.	Гр 2282	6,68	9,16	7,70
17.	Гр 2283	10,48	11,79	10,25

Если говорить о содержании клейковины, то 12 из 17 сортов имели незначительную изменчивость, а всего лишь 5- среднюю. Что же касается показателя ИДК-3М, то только 4 сорта проявили среднюю изменчивость, а 13 из числа изученных обладали незначительной изменчивостью.

Первым этапом на пути изучения адаптивных свойств сортов является оценка генотип-средовых взаимодействий или сезонных эффектов путем составления матрицы коэффициентов корреляции между одноименными признаками качества (табл.5).

Таблица 5

**Сезонные эффекты по признакам качества зерна яровой мягкой пшеницы (17 сортов)**

Объемный выход хлеба			
	2019	2020	2021
2019	1,00		
2020	0,13	1,00	
2021	-0,05	0,34	1,00
Содержание клейковины			
2019	1,00		
2020	0,26	1,00	
2021	0,49*	0,21	1,00
Показатель ИДК-3М			
2019	1,00		
2020	0,44	1,00	
2021	0,01	0,37	1,00

Примечание. \* – Значимо на 5%-ном уровне.

Методом корреляционного анализа устанавливают поведение генотипов в различных условиях среды. Чем ближе коэффициент корреляции по своей величине к нулю, тем сильнее выражено взаимодействие генотип-среда. При отсутствии взаимодействия коэффициент

корреляции по одному и тому же признаку между разными средами равен +1. В наших исследованиях доказанные генотип-средовые взаимодействия проявляются только по одному признаку – содержание клейковины, поэтому имеется возможность посчитать пластичность, стабильность и гомеостатичность сортообразцов только по нему.

У сортов Саратовская 29, Лютесценс 2316, Саратовская 68, Саратовская 55 и линий Эритроспермум 2305, Эритроспермум 2280, Эритроспермум 2309, Альбидум 2295 и Грекум 2282 проявляется прогрессивное увеличение признака под влиянием условий выращивания, т.е. они пластичны. Сортообразцы Лютесценс 2297, Фаворит, Саратовская 76, Эритроспермум 2253, Эритроспермум 2279 и Альбидум 2312 будут показывать лучшие результаты в неблагоприятных условиях среды (табл. 6). Данные формы можно охарактеризовать, как непластичные. Что же касается стабильности, то наименее перспективны Саратовская 76, Эритроспермум 2279, Эритроспермум 2309 Саратовская 55, Альбидум 2295, Альбидум 2312 и Грекум 2283. Напомним, что чем меньше величина  $S^2d_i$ , тем более устойчив признак во времени и пространстве. Саратовская 76, Грекум 2283, Эритроспермум 2253, Саратовская 29, Саратовская 68, Лютесценс 2297 Эритроспермум 2309 характеризуются гомеостатичностью выше средней, а формы Альбидум 2312, Фаворит, Эритроспермум 2280, Альбидум 2295 и Эритроспермум 2279 – ниже средней. Остальные обладают средним гомеостазом.

Таблица 6

**Оценка экологической пластичности сортов по содержанию клейковины**

№ п/п	Название сорта	$b_i$	$S^2d_i$	$H_i$
1.	С 29	2,112	0,646	1,307 (4)
2.	Л 2297	0,849	0,099	0,984 (6)
3.	Л 2316	1,406	0,018	0,260 (8)
4.	Ф	0,045	0,019	-1,612 (14)
5.	С 68	1,652	0,240	1,112 (5)
6.	С 76	0,899	6,276	4,313 (1)
7.	Эр 2305	1,338	0,118	-0,098 (10)
8.	Эр 2253	0,518	0,027	2,425 (3)
9.	Эр 2279	0,012	5,786	-4,663 (16)
10.	Эр 2280	1,870	0,386	-1,697 (15)
11.	Эр 2309	1,937	6,040	0,832 (7)
12.	С 55	1,412	4,232	-0,506 (12)
13.	А 2295	1,535	3,645	-4,118 (15)
14.	А 2311	-0,307	1,844	-0,125 (11)
15.	А 2312	0,067	3,371	-1,326 (13)
16.	Гр 2282	1,674	1,460	-0,013 (9)
17.	Гр 2283	-0,019	23,125	2,926 (2)

*Примечание.*  $b_i$  – коэффициент линейной регрессии;  $S_i^2$  – дисперсия стабильности (среднеквадратическое отклонение от линии регрессии);  $H_i$  – гомеостатичность. В скобках обозначен номер ранга сортообразца по гомеостатичности.

**Заключение**

Выявлена информативность показателей: содержание клейковины, качество клейковины на приборе ИДК-3М, объемный выход хлеба (ОВХ). Однофакторным дисперсионным анализом установлено, что по содержанию клейковины и показателю ИДК-3М генотипические различия подтверждаются на 5%-ном уровне значимости F-критерия, поэтому данные индексы наиболее информативны в селекции на качество яровой мягкой пшеницы. Значимость различий по объемному выходу хлеба не подтвердилась. Установлена изменчивость по показателям качества у изучаемых сортообразцов. Методом

корреляционного анализа (путем составления матрицы коэффициентов корреляции) доказаны генотип-средовые взаимодействия только по одному изучаемому признаку – содержанию клейковины. Выявлена степень пластичности, стабильности и гомеостатичности изучаемых сортообразцов.

### Литература

1. Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Жильцова Н.С., Бундина О.И. Современная оценка хлебопекарных свойств российской пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2021. Т.83. № 1. С.155-162. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-155-162
2. Мелешкина Е.П. Нужно ли нам качество зерна? // Хлебопродукты, – 2011. – С.12-16.
3. Прянишников А.И. Экологические основы адаптивной селекции озимой пшеницы на Юго-Востоке. Саратов. – 2016. – 115 с.
4. Сайфуллин Р.Г. К анализу понятия селекции сельскохозяйственных растений на основе саратовского опыта // Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. Саратовский государственный университет им. Н.И. Вавилова. – 2016. – С. 142-144.
5. Утебаев М.У., Боме Н.А., Шелаева Т.В., Крадецкая О.О., Чилимова И.В. Качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Казахстана. // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (38). – С.99-111.
6. Волкова Л.В. Оценка сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности и адаптивным свойствам. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – 4 (59). – С. 19-23. DOI:10.25750/1995-4301-2020-3-140-146
7. Харина А.В. Адаптивный потенциал устойчивых к пыльной головне сортов яровой мягкой пшеницы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – 3 (46). – С. 28-31.
8. Волкова Л.В., Щенникова И.Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур. // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – 3. – С. 140-146. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146
9. Бебякин В.М., Кедрова Л.И., Кулеватова Т.Б. Адаптивность: методические подходы, методы и критерии ее оценки// Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2005. – 7. – С. 4-9.
10. Прянишников А.И., Савченко И.В. Алгоритмы селекционных программ на адаптивность // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – 4 (24). – С. 24-33.
11. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // crop.Sci. 1966. Vol.6. № 1.p.36-40.
12. Мартынов С.П. Генетические и фенологические методы совершенствования селекционного процесса самоопыляющихся культур. // Автореферат дисс. на соискание ученой степени доктора биол.наук. Новосибирск. – 1990. – 34с.

### References

1. Meleshkina E.P., Kolomiets S.N., Zhiltsova N.S., Bundina O.I. Sovremennaya ocenka hlebopekarnyh sojstv rossijskoj pshenicy [Modern assessment of bakery products of Russian wheat]. *Vestnik VGUIT*. 2021. Vol.83. No.1. pp. 155-162. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-155-162. (In Russ.).
2. Meleshkina E.P. Nuzhno li nam kachestvo zerna? [Do we need grain quality?]. *Hleboprodukty = Bread Products*, 2011. pp. 12-16. (In Russ.).
3. Pryanishnikov A.I. Ekologicheskie osnovy adaptivnoj selekcii ozimoy pshenicy na Yugo-Vostoke. [Ecological bases of adaptive breeding of winter wheat in the South-East]. Saratov 2016. 115p. (In Russ.).
4. Sayfullin R.G. K analizu ponyatiya selekcii sel'skohozyajstvennyh rastenij na osnove saratovskogo opyta [To the analysis of the concept of agricultural plant breeding based on the Saratov experience]. *Sbornik statej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 129-j godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova. Saratovskij gosudarstvennyj universitet im. N.I. Vavilova. = Collection of articles of the international scientific and practical conference dedicated to the 129th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov*. Saratov State University named after N.I. Vavilov. 2016. pp. 142-144. (In Russ.).

5. Utebaev M.U., Bome N.A., Shelaeva T.V., Kradetskaya O.O., Chilimova I.V. Kachestvo zerna yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Severnogo Kazahstana [Grain quality of spring soft wheat in the conditions of Northern Kazakhstan]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Omsk State Agrarian University*. no. 2 (38). 2020. pp.99-111.
6. Volkova L.V. Ocenka sortov yarovoj myagkoj pshenicy po urozhajnosti i adaptivnym svojstvam [Evaluation of spring soft wheat varieties by yield and adaptive properties]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agrarian science of the Euro-North-East*. 2017, 4(59), pp. 19-23. DOI:10.25750/1995-4301-2020-3-140-146. (In Russ.).
7. Kharina A.V. Adaptivnyj potencial ustojchivyh k pyl'noj golovne sortov yarovoj myagkoj pshenicy [Adaptive potential of spring soft wheat varieties resistant to dust smut]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agrarian science of Euro-North-East*. 2015. 3(46). pp. 28-31. (In Russ.).
8. Volkova L.V., Schennikova I.N. Sravnitel'naya ocenka metodov rascheta adaptivnyh reakcij zernovyh kul'tur [Comparative evaluation of methods for calculating adaptive reactions of grain crops]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and applied ecology*. 2020. 3. pp.140-146. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146. (In Russ.).
9. Bebyakin V.M., Kedrova L.I., Kulevatova T.B. Adaptivnost': metodicheskie podhody, metody i kriterii ee ocenki [Adaptability: methodological approaches, methods and criteria for its evaluation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agrarian science of the Euro-North-East*. 2005. 7. pp. 4-9.
10. Pryanishnikov A.I., Savchenko I.V. Algoritmy selekcionnyh programm na adaptivnost' [Algorithms of breeding programs for adaptivity]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Leguminous and cereal crops*. 2017. 4(24). pp. 24-33. (In Russ.).
11. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *crop.Sci*. 1966. Vol.6. №1.p.36-40.
12. Martynov S.P. Geneticheskie i fenologicheskie metody sovershenstvovaniya selekcionnogo processa samoopylyayushchihsya kul'tur [Genetic and phenological methods of improving the breeding process of self-pollinating crops]. Avtoreferat. diss. na soiskanie uchenoj stepeni doktora biol.nauk. = Abstract. diss. for the degree of Doctor of biological sciences. Novosibirsk. 1990. 34 p. (In Russ.).

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМЫХ ТРИТИКАЛЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.М. МЕДВЕДЕВ, член-корреспондент РАН

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»,  
МОСКВА

*В деле селекционного улучшения культуры озимая тритикале особое значение имеет поиск исходного материала для синтеза новых генотипов (2, 3, 4). В этих целях несомненный интерес представляют сортообразцы мировой коллекции тритикале. В условиях Подмосковья ежегодно изучается 250-300 номеров новой культуры из 26 стран мира. Ценные результаты получены при изучении сортимента озимой тритикале из республики Беларусь. В общей сложности, за ряд лет, испытано около 150 сортообразцов. Некоторые генотипы использованы в селекции и показали повышенную комбинационную способность в скрещиваниях.*

**Ключевые слова:** коллекция, сортимент, гибриды, селекционная ценность.

**Для цитирования:** Медведев А.М. Особенности формирования признаков продуктивности и качества зерна озимых тритикале республики Беларусь. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 125-133. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-125-133

## FEATURES OF FORMATION OF SIGNS OF PRODUCTIVITY AND QUALITY OF WINTER TRITICALE GRAIN OF THE REPUBLIC BELARUS

A.M. Medvedev

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA», MOSCOW

**Abstract:** *The search for source material for the synthesis of new genotypes is of particular importance in the breeding improvement of winter triticale culture (2,3,4). The varieties of the triticale world collection are of undoubted interest for these purposes. In the conditions of the Moscow region, 200-300 issues of new culture from 26 countries of the world are studied annually. Valuable results were obtained by studying the assortment from the Republic of Belarus. In total, about 150 samples from this country have been tested over a number of years. Some genotypes were used in breeding and showed increased combinational ability in crosses.*

**Keywords:** collection, assortment, hybrid, breeding value.

Производственный интерес к новой сельскохозяйственной культуре тритикале сохраняется [1,2]. Селекционеры ряда стран вносят весомый вклад в совершенствование существующих сортов. Озимые формы оказываются более конкурентоспособными в сравнении с генотипами ряда других зерновых культур [2, 3]. Посевная площадь тритикале по данным FAOSTAT 20 достигла 4 млн. га., в том числе в республике Беларусь – свыше 500 тыс. га. Селекционеры ФИЦ «Немчиновка» решают задачи получения ценных сортов озимой тритикале с потенциальной урожайностью свыше 12 т/га высококачественного зерна. Большое внимание уделяется выделению генотипов, обладающих комплексом ценных признаков. В указанном направлении несомненный интерес представляют отдельные белорусские сортообразцы. За последние 5 лет в ФИЦ «Немчиновка» созданы с внесением в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, новые

перспективные сорта озимой тритикале, в том числе короткостебельные Арктур и Акинак (первый получен при сотрудничестве с Самарским НИИСХ, второй – с Тамбовским НИИ сельского хозяйства).

### **Материалы и методика исследований**

Эксперименты по культуре тритикале проводили в полевых севооборотах ФИЦ «Немчиновки» (р.п. Соколово). В ежегодных исследованиях испытывали 250-300 сортообразцов мировой коллекции, имеющие происхождение из отечественных и зарубежных научных центров. Изучены также гибриды и линии от скрещивания местных сортов с сорtimentом иностранной селекции. В опытах использовали методические указания Б.А. Доспехова [4], Госсорткомиссии [5], ФНЦ ВИГРР имени Н.И. Вавилова [6] и другие методические пособия. Естественное плодородие почвы на опытных участках суглинистых почв невысокое с содержанием гумуса 2,0-2,5%, pH почвенного раствора 4,5-5,0. Поэтому осенью, до посева озимых культур, и весной в подкормку вносили высокие дозы минеральных удобрений. В общей сложности, доза вносимых туков составляла 350-400 кг/га. Семена тритикале высевали с нормой 5,5 млн. всхожих зерна на 1 га. Размер учётной площади делянок в питомнике конкурсного испытания (КСИ) был равен 10 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности вариантов, в контрольном питомнике (КП) - в двукратной повторности с площадью делянок 3 м<sup>2</sup>, в коллекционном питомнике 1-2 м<sup>2</sup>.

Метеорологические условия в годы испытания (2013-2022 гг.) в целом характеризовались как неблагоприятные для роста и развития растений. Наиболее важной причиной изреживания посевов оказалось частое выпадение снега зимой сопровождающимися оттепелями и последующим возвратом морозов, а также задержка снега весной при его толщине - 60-70 см. Отмеченные явления вызывали эпифитотийное распространение снежной плесени. Положительным моментом в перезимовке растений можно считать выпадение в конце апреля и в мае достаточных, а нередко и сверхдостаточных осадков. При обилии влаги во время отрастания и кущения тритикале продуктивное кущение достигало 8-9 и более единиц. Отмеченное обстоятельство частично восполняло потерю плотности посева после перезимовки растений.

### **Результаты и их обсуждение**

В экспериментах использовали в качестве стандартов высокозимостойкие сорта немчиновской селекции – Виктор и Гермес. При сравнении со стандартами изучили около 150 сортов белорусской селекции.

В 2013-2022 гг. испытано три набора номеров Республики Беларусь (г. Жодино), с присутствием в опытах от 30 до 50 генотипов, показавших по продуктивности и другим признакам неодинаковые результаты.

В первых двух наборах (2013-2018 гг.) повышенными признаками зимостойкости и выживаемости растений к уборке при сборах зерна, приближающихся к стандартам (510-550 г/м<sup>2</sup>) оказались такие сорта, как Дар Белоруссии, Алесь, Маяк, Кастусь, Адашь, Руно и другие.

В третьем наборе (2019- 2022 гг.) изучено более 50 сортов селекции РУП НПЦ НАН Беларуси по земледелию, в целом показавших весомые результаты по продуктивности и другим признакам (табл. 1.)

Особо выделялись по сбору зерна такие сорта, как Амулет, Прометей, Ковчег, в отдельные годы превышавшие показатели стандартов. Однако в крайне неблагоприятных условиях 2022 года белорусские образцы оказались менее зимостойкими, сильно поражаемые снежной плесенью и по четырехлетним данным выглядели хуже лучших отечественных номеров, включая сорта Атаман Платов, Немчиновский 56, Виктор. Тем не менее, ряд сортов белорусской селекции внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации. В отдельных регионах высокие результаты, согласно сведениям С.И. Гриб и В.Н.Буштевич, [3] белорусские сорта показали высокие результаты. Большую ценность белорусский генофонд тритикале

представляет из себя и как ценный исходный материал для селекции более совершенных генотипов тритикале.

В таблице 2 приведены отдельные линии тритикале, полученные с участием белорусских сортов (Гермес х Кастусь; Нина х Бета), которые успешно конкурировали в КСИ 2022 года со стандартом Виктор и лучшими линиями 25 и 26, созданными при гибридизации сортов местной селекции с сортами - Князь (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко), Атаман Платов (ФРАНЦ РАН), а также с короткостебельным сортом Гренадо (Польша) занимающим почти половину площадей тритикале в Западной Европе.

Урожай зерна стандарта Виктор в КСИ - 22 составил 4,38 т/га, линии - 25-5,25 т/га, линии 26-6,55 т/га, а сбор зерна новой линии Гермес х Кастусь -5,10 т /га, линии МОВИР 280/12 (Нина х Бета) был равен 4,80 т/га.

В 2021 -2022гг. линия МОВИР 280/12 (Нина х Бета) и линия Виктор х Импульс (Р. Беларусь) в сравнении со стандартом показали повышенные признаки устойчивости к наиболее опасным болезням и продуктивности (табл.3). В среднем за два года сбор зерна у первой линии оказался равным 5,58 т/га, второй - 5,0 т/га при урожайности стандарта - 5,36 т/га. Важно и то, что отмеченные генотипы имели такой же балл поражения снежной плесенью, как и сорт Виктор, характеризующийся высоким уровнем толерантности к этой болезни (табл. 4).

Качество зерна гибридных линий озимых тритикале в большей мере зависело от генотипа. В зерне линии Гермес х Кастусь содержание белка оказалось значительно выше, чем у районированного сорта Нина (11,5 и 13,2%), что видно из таблицы 5.

Важно и то, что в контрольном питомнике указанные две линии в эпифитотийном 2022 году показали сравнительно высокую устойчивость к снежной плесени со сбором зерна 4,85 т/га (у стандарта 5,20 т/га).

В этой связи нельзя не отметить то, что в селекционном материале, приведенном в таблицах 2,3, и 4 высокие показатели экологической устойчивости и продуктивности имели линия 25 (Гермес х Князь) и линия 26 (Виктор х Гренадо). Особо ценные результаты показала короткостебельная линия 26, значительно превосходящая стандарт Виктор по сбору зерна с га. Указанная линия готовится к передаче в Государственное сортоиспытание.

#### **Заключение**

Опыты, проведенные в ФИЦ «Немчиновка» при изучении сортов озимой тритикале РУП НПЦ НАН Беларуси по земледелию, свидетельствуют о том, что отдельные генотипы белорусской селекции (Амулет, Интерес, Прометей, Вектор) представляют определённую ценность в Российской Федерации.

В конкурсном сортоиспытании и контрольном питомнике 2022 года хорошие результаты показали линии, полученные с участием белорусских сортов (Гермес х Кастусь; Нина х Бета) с урожайностью зерна 5,10 и 4,80 т/га (у стандарта Виктор - 4,38 т/га). В среднем за два года (2021,2022) линии Нина Х Бета и Виктор х Импульс) составила 5,58 и 5,0 т/га при сборе зерна у стандарта 5,36. За последние 6 лет в ФИЦ «Немчиновка» созданы с внесением в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию, три сорта озимой тритикале Капелла, Арктур и Акинак. Последний сорт получен в результате творческого сотрудничества с Тамбовским НИИСХ - филиалом ФНЦ имени И.В. Мичурина.

Таблица 1

**Сортообразцы озимой тритикале Республики Беларусь в сравнении с лучшими сортами Российской Федерации**

Сортимент и его происхождение	Высота растений, см	Вегетационный период, дни	Перезимовка, балл	Устойчивость растений к болезням, балл		Устойчивость растений к полеганию, балл	Анализ колоса		Сбор зерна с 1 м <sup>2</sup>				
				снежная плесень	бурая ржавчина		масса зерна, г	масса 1000 зерен, г	2019	2020	2021	2022	среднее
Гермес, St1 ФИЦ «Немчиновка»	129	318	7	5	9	5	2,9	57,0	800	710	540	310	682
Виктор, St1 ФИЦ «Немчиновка»	125	320	7	7	9	5	2,7	56,0	780	700	550	340	680
Немчиновский 56, ФИЦ «Немчиновка»	135	322	7	5	9	5	2,4	54,0	820	680	530	360	590
Арктур, Самарский НИИСХ, ФИЦ «Немчиновка»	95	317	7	5	9	9	2,9	52,0	750	820	625	270	620
Аккинак, Тамбовский НИИСХ ФИЦ «Немчиновка»	90	317	7	5	9	9	2,7	54,0	-	-	800	340	570
Атаман Платов, ФРАНЦРАН, Ростов	85	318	7	5	9	9	2,8	54,0	750	680	570	370	660
Grenado, Польша	80	324	5	3	9	9	2,4	48,8	680	725	485	3350	556
Доктрина 110, ФАЦ «Докучаевский»	127	322	7	5	9	5	3,0	60,4	850	760	680	420	678
Амулет, Р.Беларусь	105	317	7	3	9	9	2,2	53,2	703	740	560	-	723
Интерес, Р.Беларусь	115	318	3	3	9	7	2,5	51,6	680	700	565	400	590
Промитей, Р.Беларусь	115	318	5	3	9	7	2,7	52,4	740	800	560	310	620
Жыцень, Р.Беларусь	85	317	5	5	7	9	3,0	50,6	570	600	-	275	474
Вектор, Р.Беларусь	103	317	5	3	9	7	2,7	51,6	680	670	450	260	585
Ковчег, Р.Беларусь	102	318	5	3	9	9	3,0	53,6	-	-	750	358	470
Импульс, Р.Беларусь	100	317	3	3	7	9	2,7	53,0	700	650	590	-	630
Точность опыта: вариабельность сбора зерна в опытах не превышала 5-6 %													



**Характеристика лучших линий высокостебельных и короткостебельных сортов и линий тритикале в конкурсном сортоиспытании 2022 года**

Показатели	Высокостебельные тритикале				Короткостебельные линии тритикале					
	Виктор	Немчиновский 56	Линия КП 496 Гермес х Кастусь	Линия КП 5901 Виктор х Вокализ	Линия 280/12 МОВИР КП 465 Нина х Бета	Линия КП 404 Нина х Брат	Линия КП 475 Нина х Сколот	Линия 23 КП 460 Виктор х Цекад 90	Линия 25 КП 497 Гермес х Князь	Линия 26 КП 461 Виктор х Гренадо
Длина вегетационного периода, дни	313	316	317	311	313	313	312	315	312	316
Высота растений, см	110	110	105	110	90	95	80	80	85	70
Число зерен в колосе, шт.	44	54	57	57	55	58	52	46	52	40
Масса зерна с колоса, г	2,42	2,65	2,90	3,02	2,80	2,92	2,95	2,96	2,74	2,26
Зимостойкость, балл	5	5	5	5	7	5	5	5	7	7
Масса 1000 зерен, г	55,6	56,6	56,0	52,3	52,8	56,6	53,1	64,3	53,1	56,1
Урожай зерна т/га	5,37	4,49	5,10	3,67	4,80	4,98	5,25	5,58	5,25	6,55
НСР 05	0,52									

**Устойчивость сортов и линий тритикале в конкурсном сортоиспытании к наиболее опасным болезням в эпифитотийные 2021 и 2022 гг.**

Сорта, Линии	2021 г			2022 г			Сбор зерна т/га		
	снежная плесень, балл	септориоз, балл	бурая ржавчина, балл	снежная плесень, балл	септориоз, балл	бурая ржавчина, балл	2021	2022	среднее
Виктор, St	5	5	0	7	0	0	6,25	4,47	5,36
Гермес	3	5	3	3	0	0	6,3	3,66	4,98
Нина	3	5	1	3	1	0	6,8	4,35	5,58
Гера	3	5	3	3	1	0	6,8	4,8	5,8
Линия 5901, Виктор х Вокализ	3	3	1	5	0	0	7,5	3,6	5,55
Линия Гера 401	5	5	3	5	1	1	6,4	6,6	6,5
Линия 1940, Виктор х Прометей	3	3	3	5	3	1	8,1	3,57	5,84
Линия 1796, Нина х Каприз	3	3	1	3	3	1	6,8	4,6	5,7
Линия КП 460, Виктор х Цекад 90	5	5	0	3	0	0	6,9	5,58	6,24
Линия КП 461, Виктор х Grenado	5	5	0	3	0	0	7,45	6,55	7
Линия КП 404, Нина х Брат	3	7	0	5	0	0	6,2	4,38	5,29
НСР 05							0,47	0,52	

**Оценка линий и сортов озимой тритикале в контрольном питомнике 2022 года**

Сорт, линия	Родословная	Вегетационный период, дней	Высота растений, см	Зимостойкость, балл	Снежная плесень, балл	Масса 1000 зерен, шт.	Урожай, т/га
Виктор, St	ФИЦ «Немчиновка»	313	110	5	5	55,6	5,20
Немчиновский 56	ФИЦ «Немчиновка»	316	117	7	3	-	4,93
Нина	ФИЦ «Немчиновка»	310	110	5	3	44,8	4,35
Линия 5901	Виктор х Вокализ	311	110	5	3	52,3	3,6
Линия КП 475	Нина х Сколот	315	100	5	3	53,1	5,25
Линия КП 465	Нина х Бета	317	100	5	3	62,6	4,80
Линия 25 КП 497	Гермес х Князь	312	85	5	3	53,1	5,25
Линия 23 КП 460	Виктор х Цекад 90	315	80	5	5	64,3	5,58
Линия 26 КП 461	Виктор х Гренадо	316	80	5	5	56,1	6,55
Линия КП 404	Нина х Брат	313	95	5	3	56,6	4,38
Линия КП 484 Мовир 280/12 р. Беларусь	Виктор х Импульс	313	90	3	5	48,6	4,85
Линия Гера 401	Отбор из сорта Гера	310	102	5	5	50,2	5,7

**Качество зерна сортов и линий озимой тритикале конкурсного сортоиспытания 2022 года**

Сорта, линии	Белок %	Масса 1000 зерен, г	Натура г/ л
Линия отбора из сорта Гера	12,5	64,4	719
Нина х Каприз	12,6	57,2	729
Нина х Сколот	14,1	62,4	741
Гермес х Шаланда	12,6	59,2	694
Виктор х Союз	12,1	54,0	737
Нина х Брат	13,8	54,4	735
Гермес х Кастусь	13,2	58,8	731
Виктор х Цекад 90	12,1	58,4	742
Немчиновский 56	13,2	34,4	734
Нина, St	11,5	51,2	749

### Литература

1. Грабовец А.И., Крохмаль А.В. Озимая тритикале на Дону: итоги и перспективы / Тритикале. Материалы Междунар. науч. – практ. конференции «Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья», - Ростов на Дону. – 2022. – С. 5-15.
2. Медведев А.М., Комаров Н.М., Соколенко Н.И. и др. Озимая и яровая тритикале в Российской Федерации. Коллективная монография. – М.: – 2017. – 289 с.
3. Гриб С.И., Буштевич В.Н. Селекция тритикале в Белоруссии / Тритикале. Материалы Международной. науч. – практ. конференции «Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья», – Ростов на Дону, – 2022. – С. 66-18.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов испытания. – М.: Агропроиздат, – 5 издание, – 1985. – 351 с.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Под общей редакцией М.А. Федина. – М.: – 1988. – 121 с.
6. Мережко А.Ф., Удачин Р. А. Методические указания. Санкт-Петербург. – 1999. – 32 с.

### References

1. Grabovetz A.I., Krochmal' A.V. Ozimaya triticales na Dony: itogii perspective [Winter triticales on Don: results and prospects]. Triticales. Materialu mejdunarodnoi nauch. -pract. Konferenzii“Triticales. Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies”, Rostov-na-Donu, 2022, pp.5-15
2. Medvedev A.M., Medvedev L.M., Komarov N.M. et.al. Ozimaya iyarovaya triticales v Rossiiskoi Federatsii (kollektivnaya monografija) [Winter and spring triticales in the Russian Federation (collective monograph)]. Moscow, 2017, 289 p. (In Russian)
3. Grib S.I., Byshtevich B.N. Selectziya triticales v Berarusi [Breeding triticales in Belarus]. Triticales. Materialu mejdunarodnoinauch. - pract. Konferenzii [Triticales. Materials of the International scientific - pract. conference “Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies”, Rostov-na-Donu, 2022, pp.16-18.
4. Dospikhov B.A. Metodica polevogoopyta s osnovami statistcheskoi obrabotkiresul' tatov ispytaniya,5-e izdanie [Field experiment technieque with the basis of statical processing of test result, the 5<sup>th</sup> edition], Moscow, Agropmoizdat, 1985, 351p. (In Russian)
5. Fedin M.A., ed. Metodica gosudarstvenogo ispytaniasel'skokhozyaistvennykhkul'tur. Tekhnologicheskaya otsenka zernovykh, krypyanykh i zernobobovykhkul' tur. [Methodology for state testing of agricultural crops. Technological assessment of cereals, groat crops and legume crops], Moscow, 1988, 121 p. (In Russian)
6. Merezko A.F., Udachin R.C. Metodicheckie ukazaniya [Methodical instructions], St. Petersburg, VIR, 1999, 32 p.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЗОНЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**И.В. ЛЯШКОВ**, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0278-9354>,  
**К.Н. БИРЮКОВ**, <https://orcid.org/0000-0002-4524-571X>,  
**А.В. КРОХМАЛЬ**, <https://orcid.org/0000-0002-3104-3308>,  
кандидаты сельскохозяйственных наук,  
**О.В. БИРЮКОВА**, <https://orcid.org/0000-0001-8155-5371>

E-mail: [i.lyahkov@yandex.ru](mailto:i.lyahkov@yandex.ru)

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР», П. РАССВЕТ,  
АКСАЙСКИЙ РАЙОН, РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

*Приведены данные по особенностям некорневых подкормок сортов яровой тритикале Саур и Хайкар в условиях северо-западной зоны Ростовской области. Для этого региона характерно постепенное изменение климата, которое выражается в нарастании его аридности. Предшественник в опыте – чечевица. Подготовка почвы под посев яровой тритикале – общепринятая для яровых зерновых культур в данной зоне. Система удобрений предусматривала основное внесение фосфорсодержащих туков под вспашку, некорневые подкормки жидким комплексным удобрением в фазе трубкования, карбамидом – в фазе начало колошения. Норма высева – 5 млн/га по всем агрофонам, глубина заделки семян – 4-5 см, площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>, повторность опыта трёхкратная. Почва опытного участка представлена черноземом южным карбонатным. Количество гумуса в пахотном слое составило 3,2%. Количество подвижных форм макроэлементов в пахотном слое почвы было следующим: общего азота (N-NO<sub>3</sub>+ N-NH<sub>4</sub>) – 20 мг/кг почвы, фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 29 мг/кг, калия (K<sub>2</sub>O) – 354 мг/кг. Экспериментальные исследования проводили в 2015-2017 годах.*

*Результаты исследований позволили установить, что в засушливых условиях система некорневых подкормок яровой тритикале должна строиться на количестве доступных фосфатов в почве. При низком и среднем содержании этого элемента в почве востребована подкормка жидким комплексным удобрением дозой 50 кг/га в физическом весе в фазе выхода в трубку. При этом рост урожайности составляет 0,36...0,48 т/га в среднем по сортам. При высоком уровне фосфатов в почве актуальна подкормка карбамидом дозой 65 кг/га в фазе начало колошения. Увеличение продуктивности сортов достигает уровня 0,55-0,61 т/га.*

**Ключевые слова:** яровая тритикале, минеральные удобрения, некорневые подкормки, жидкое комплексное удобрение, карбамид, урожайность, содержание белка, окупаемость.

**Для цитирования:** Ляшков И.В., Бирюков К.Н., Крохмаль А.В., Бирюкова О.В. Применение некорневых подкормок на яровой тритикале в условиях северо-западной зоны Ростовской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 134-140. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-134-140

## APPLICATION OF FOLIAR TOP DRESSING ON SPRING TRITICALE IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN ZONE OF THE ROSTOV REGION

**I.V. Lyashkov, K.N. Biryukov, A.V. Krokhmal, O.V. Biryukova**

FSBSI «FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER»,  
RASSVET VILLAGE, AKSAI DISTRICT, ROSTOV REGION

**Abstract:** Data on the characteristics of foliar top dressing of spring triticale varieties Saur and Khaykar under the conditions of the northwestern zone of the Rostov region are presented. This region is characterized by gradual climate change, which is expressed in the increase of its aridity. The predecessor in the experiment is lentils. Soil preparation for sowing spring triticale is common for spring crops in this area. The fertilizer system provided for the main application of phosphorus-containing fertilizers for plowing, non-root fertilizing with liquid complex fertilizer in the tubing phase, carbamide - in the beginning of earing phase. The seeding rate is 5 million/ha for all agricultural backgrounds, the seed placement depth is 4-5 cm, the plot area is 50 m<sup>2</sup>, the experiment is repeated three times. The soil of the experimental plot is represented by southern carbonate chernozem. The amount of humus in the topsoil was 3.2%. The number of mobile forms of macroelements in the arable soil layer was as follows: total nitrogen (N-NO<sub>3</sub> + N-NH<sub>4</sub>) - 20 mg/kg of soil, phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 29 mg/kg, potassium (K<sub>2</sub>O) - 354 mg/kg. Experimental studies were carried out in 2015-2017.

The results of the research allowed us to establish that in arid conditions, the system of non-root fertilizing of spring triticale should be based on the amount of available phosphates in the soil. With a low and average content of this element in the soil, fertilizing with a liquid complex fertilizer with a dose of 50 kg / ha in physical weight in the phase of entering the tube is in demand. At the same time, the yield growth is 0.36...0.48 t/ha on average for varieties. With a high level of phosphates in the soil, top dressing with carbamide at a dose of 65 kg / ha in the phase of the beginning of earing is relevant. The increase in the productivity of varieties reaches the level of 0.55-0.61 t/ha.

**Keywords:** spring triticale, mineral fertilizers, foliar feeding, liquid complex fertilizer, urea, yield, protein content, payback.

### Введение

Определённый интерес яровое тритикале представляет для крупяной и спиртовой промышленности, поскольку обеспечивает высокий выход спирта. В Ростовской области яровое тритикале является страховой культурой на случай гибели озимых культур. Также она считается по сравнению с другими культурами более адаптивной как в отношении погодных факторов, так и почв. По урожайности на богатых почвах яровое тритикале превосходит яровую пшеницу. На бедных и лёгких почвах превышает все другие яровые зерновые культуры. Возделывание тритикале дополняет набор ранних яровых культур. Выращивание яровой тритикале в производстве ещё не получило достаточного распространения. Ситуация усугубляется тем, что климат на Дону меняется, наблюдается тенденция к усилению аридности (это уменьшение среднегодового количества осадков, почвенные и длительные воздушные засухи, сопровождающиеся суховеями, высокие среднесуточные температуры воздуха).

Главным решением данной проблемы является правильный выбор сорта, который более адаптирован к таким условиям. Он должен сочетать в себе высокую урожайность с повышенной жарозасухоустойчивостью на всех этапах органогенеза, иметь укороченный период вегетации, отличаться повышенными качественными показателями. Также важным моментом является технология возделывания применимо к конкретно взятому сорту [1].

В современных условиях применению удобрений, несмотря на падающее плодородие почв, уделяется недостаточное внимание из-за непрерывного роста цен на них. При этом сокращаются объёмы использования, особенно в засушливых регионах, где они менее эффективны по сравнению с районами, которые не испытывают недостатка во влаге. Поэтому идёт постоянный поиск решений по улучшению условий питания яровой тритикале за счёт грамотного применения минеральных удобрений [2].

Для засушливых условий крайне важно внесение удобрений в легкодоступной для растений форме, поэтому большую роль играют некорневые подкормки, которые проводятся по вегетирующим растениям [3].

В качестве удобрений используются жидкие комплексные удобрения (в которых преобладает фосфор) и карбамид (азот в амидной форме). Усвояемость фосфора из ЖКУ составляет 60-80 % и внести его можно в те фазы развития растений (от выхода в трубку до колошения), когда потребление этого элемента является максимальным [4].

Учитывая высокий ежегодный вынос фосфора с урожаями, особенно современных интенсивных сортов, внесение фосфорных удобрений выходит в разряд основных элементов технологии выращивания этой культуры на территории Ростовской области. Это тем более актуально, что в степной зоне обыкновенные и южные чернозёмы на значительной территории характеризуются низким содержанием фосфора. Исключительную роль играет азот в формировании продуктивности и качества зерна яровой тритикале. Недостаток азота в отдельные фазы нельзя компенсировать улучшением азотного питания в последующие этапы. В связи с этим важным моментом является дробное внесение азота в течение вегетации.

Поэтому целью данных исследований являлось выявление наиболее оптимальных и экономически обоснованных вариантов некорневых подкормок при возделывании яровой тритикале в условиях северо-западной зоны Ростовской области.

### **Материалы и методы исследований**

Исследования были выполнены в отделе селекции и семеноводства пшеницы и тритикале ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» в 2015-2017 гг. в северо-западной зоне Ростовской области.

Почва опытного участка представлена чернозёмом южным карбонатным среднemosным. Мощность гумусового горизонта 60-70 см. Количество гумуса в пахотном слое составило 3,2%. Количество подвижных форм макроэлементов в пахотном слое почвы было следующим: общего азота ( $N-NO_3 + N-NH_4$ ) – 20 мг/кг почвы, фосфора ( $P_2O_5$ ) – 29 мг/кг, калия ( $K_2O$ ) – 354 мг/кг. Величина рН в гумусовом горизонте была на уровне 7,0-7,7. Этот вариант был принят в опыте за фон без удобрений (контроль).

Объектом изучения были два сорта яровой тритикале: Саур и Хайкар. Предшественником в опыте была чечевица. Подготовка почвы под посев яровой тритикале – общепринятая для яровых культур в данной зоне возделывания. Посев проводили в оптимальные сроки (начало-середина апреля, в зависимости от погодных условий года), с нормой высева 5 млн/га по всем агрофонам селекционной сеялкой СН-16. Глубина заделки семян – 4-5 см. Площадь деланки – 50 м<sup>2</sup>, повторность опыта трёхкратная.

Основное удобрение (аммофос) дозами 100 и 200 кг/га вносили осенью под основную обработку почвы. Для некорневых подкормок использовали жидкое комплексное удобрение ( $N_{13}P_{37}$ ) и карбамид ( $N_{46}$ ). Жидкое комплексное удобрение (ЖКУ) вносили в фазе выхода в трубку аппаратом «Фортуна» из расчёта 50 кг/га в физическом весе (25 кг/га по д.в.). Расход рабочего раствора составил 300 л/га. Карбамид вносили в фазе начало колошения из расчёта 65 кг/га в физическом весе (30 кг/га д.в.) с тем же расходом рабочего раствора.

В качестве базисных вариантов, на которые потом накладывали некорневые подкормки, использовали следующие:

- 1) без удобрений – низкий агрофон;
- 2) 100 кг/га аммофоса ( $N_{12}P_{52}$ ) – средний агрофон;
- 3) 200 кг/га аммофоса ( $N_{24}P_{104}$ ) – высокий агрофон.

Уходные работы выполнили в сжатые сроки. Учёт урожайности яровой тритикале проводили комбайном Сампо 500 с последующим приведением данных по урожайности к стандартной влажности.

Статистическую и математическую обработку данных по урожайности провели методом дисперсионного и корреляционного анализа по Б.А. Доспехову с использованием ПС (пакет программ Excel) [5].

### **Результаты и обсуждение**

Погодные условия в годы проведения исследований сложились по-разному для роста и развития растений яровой тритикале. По данным метеопоста посёлка Донская Нива в 2015 году среднегодовое количество осадков было ниже среднемноголетних значений. В этот год



выпало 402 мм (многолетний показатель 451 мм). Соответственно, в 2016 и 2017 гг. количество осадков было больше среднемноголетних значений и составило 536 и 553 мм. В практической работе более актуальным является не общее количество влаги за год, а распределение осадков по периодам вегетации. Весенне-летний период (март-июнь) 2015, 2016 и 2017 годов характеризовался высоким количеством влаги. Суммарно выпало 179, 171 и 195 мм, соответственно (при среднемноголетней норме для этого периода 166 мм). Фаза налива зерна (июль) в 2015 году проходила при очень жёстком лимите по увлажнению, также в этот период наблюдали высокие температуры воздуха. В 2016 и 2017 гг. погодные условия в эту фазу развития яровой тритикале были в целом благоприятными (табл. 1).

Таблица 1

**Метеоусловия за весенне-летний период 2015-2017 гг.**

Год	Сумма осадков по месяцам, мм					Сумма средних температур по месяцам, градусы Цельсия				
	III	IV	V	VI	VII	III	IV	V	VI	VII
2015	6	101	34	38	23	118	300	548	732	737
2016	33	26	94	18	59	145	397	549	690	782
2017	28	81	58	28	83	172	304	510	653	750

В результате проведённого эксперимента было установлено, что использование для некорневой подкормки жидкого комплексного удобрения позволило увеличить урожайность по сорту Саур в среднем на 0,42 т/га в варианте 100 кг/га аммофоса, по Хайкару – на 0,37-0,48 т/га в вариантах без удобрений и 100 кг/га аммофоса (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние некорневой подкормки ЖКУ на урожайность яровой тритикале, т/га**

Агрофон (фактор А)	Год изучения (фактор В)							
	Саур				Хайкар			
	2015	2016	2017	среднее	2015	2016	2017	среднее
Без удобрений (базовый вариант)	2,24	2,63	2,99	2,62	2,21	2,66	3,08	2,65
ЖКУ	2,58	2,99	3,46	3,01	2,44	3,12	3,82	3,13
<b>Прибавка</b>	<b>0,34</b>	<b>0,36</b>	<b>0,47</b>	<b>0,39</b>	<b>0,23</b>	<b>0,46</b>	<b>0,74</b>	<b>0,48</b>
N <sub>12</sub> P <sub>52</sub> (базовый вариант)	2,31	2,55	3,36	2,74	2,17	2,72	3,29	2,73
N <sub>12</sub> P <sub>52</sub> +ЖКУ	2,69	3,15	3,63	3,16	2,58	3,11	3,62	3,10
<b>Прибавка</b>	<b>0,38</b>	<b>0,60</b>	<b>0,27</b>	<b>0,42</b>	<b>0,41</b>	<b>0,39</b>	<b>0,33</b>	<b>0,37</b>
N <sub>24</sub> P <sub>104</sub> (базовый вариант)	2,72	2,86	2,94	2,84	2,58	2,93	3,25	2,92
N <sub>24</sub> P <sub>104</sub> +ЖКУ	2,95	3,02	3,06	3,01	2,89	3,11	3,33	3,11
<b>Прибавка</b>	<b>0,23</b>	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>	<b>0,17</b>	<b>0,31</b>	<b>0,18</b>	<b>0,08</b>	<b>0,19</b>
	НСР <sub>05(фактор А)</sub> = 0,39				НСР <sub>05(фактор А)</sub> = 0,31			
	НСР <sub>05(фактор В)</sub> = 0,28				НСР <sub>05(фактор В)</sub> = 0,22			
	доля фактора А – 24,0 %				доля фактора А – 19,0 %			
	доля фактора В – 56,7 %				доля фактора В – 72,9 %			

Была установлена определённая закономерность эффективности применения ЖКУ в зависимости от уровня агрофона. Наибольшая отдача от этого вида подкормки была на низком и среднем агрофоне. Уровень прибавки составил 0,39-0,42 т/га по сорту Саур и 0,37-0,48 т/га по сорту Хайкар. При базовом варианте N<sub>24</sub>P<sub>104</sub> величина прибавки от использования ЖКУ была ниже НСР, и поэтому считается недостоверной.

В данном контексте сортовые особенности не имели значения, поскольку сорта яровой тритикале были аналогичны по своей реакции на подкормку ЖКУ. Высокая отзывчивость яровой тритикале на низком и среднем агрофоне на некорневую подкормку ЖКУ объясняется тем, что растения в этот период нуждаются в фосфоре, который необходим для

формирования в первую очередь структуры колоса. В жидком комплексном удобрении фосфор находится в легкоусвояемой форме, поэтому сразу используется растениями. На высоком агрофоне дефицита фосфора растения, как правило, не испытывали.

Некорневая подкормка карбамидом в целом была более эффективна, нежели подкормка ЖКУ. При этом варианте подкормки, величина прибавки достигла 0,49 т/га зерна (в среднем по сортам и агрофонам). Использование ЖКУ при подкормке позволило дополнительно собрать в среднем только 0,33 т/га зерна.

Некорневая подкормка карбамидом позволила увеличить урожайность у сорта Саур в среднем по агрофонам на 0,40-0,61 т/га, у сорта Хайкар – на 0,45-0,55 т/га (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние некорневой подкормки карбамидом на урожайность яровой тритикале, т/га**

Агрофон (фактор А)	Год изучения (фактор В)							
	Саур				Хайкар			
	2015	2016	2017	среднее	2015	2016	2017	среднее
Без удобрений (базовый вариант)	2,24	2,63	2,99	2,62	2,21	2,66	3,08	2,65
карбамид	2,52	3,03	3,52	3,02	2,68	3,07	3,55	3,10
<b>Прибавка</b>	<b>0,28</b>	<b>0,40</b>	<b>0,53</b>	<b>0,40</b>	<b>0,47</b>	<b>0,41</b>	<b>0,47</b>	<b>0,45</b>
N <sub>12</sub> P <sub>52</sub> (базовый вариант)	2,31	2,55	3,36	2,74	2,17	2,72	3,29	2,73
N <sub>12</sub> P <sub>52</sub> +карбамид	2,78	3,09	3,82	3,23	2,48	3,26	3,83	3,19
<b>Прибавка</b>	<b>0,47</b>	<b>0,54</b>	<b>0,46</b>	<b>0,49</b>	<b>0,31</b>	<b>0,54</b>	<b>0,54</b>	<b>0,46</b>
N <sub>24</sub> P <sub>104</sub> (базовый вариант)	2,72	2,86	2,94	2,84	2,58	2,93	3,25	2,92
N <sub>24</sub> P <sub>104</sub> +карбамид	3,34	3,44	3,57	3,45	3,04	3,55	3,82	3,47
<b>Прибавка</b>	<b>0,62</b>	<b>0,58</b>	<b>0,63</b>	<b>0,61</b>	<b>0,46</b>	<b>0,62</b>	<b>0,57</b>	<b>0,55</b>
	НСР <sub>05(фактор А)</sub> = 0,39				НСР <sub>05(фактор А)</sub> = 0,24			
	НСР <sub>05(фактор В)</sub> = 0,27				НСР <sub>05(фактор В)</sub> = 0,17			
	доля фактора А – 42,4 %				доля фактора А – 33,2 %			
	доля фактора В – 44,7 %				доля фактора В – 62,9 %			

В результате проведённых исследований было установлено, что внесение карбамида оказалось максимально эффективным агроприёмом на высоком агрофоне. При высоком содержании фосфатов в почве прибавка от внесения карбамида оказалась достоверно выше, нежели прибавки на низком и среднем агрофонах. По сорту Саур внесение карбамида позволило дополнительно получить 0,61 т/га зерна, по сорту Хайкар – 0,55 т/га.

Результаты опыта подтверждают тот тезис, что если какой-либо макроэлемент находится в минимуме (в данном случае фосфор), то его недостаток приводит к неэффективному использованию других макроэлементов (в конкретном примере – азот). Как только количество доступных фосфатов в почве увеличили на 7,8 мг/кг (внеся 200 кг/га сложных туков) сразу последовала отдача от внесённого азота.

В результате проведённого эксперимента была установлена прямая сильная зависимость эффективности некорневых подкормок (как ЖКУ, так и карбамидом) от осадков и суммы средних температур в марте. Коэффициент корреляции составил 0,66 и 0,87 соответственно. Была выявлена обратная сильная зависимость от суммы средних температур в мае и июне (-0,74 и -0,87 соответственно). Эффективность подкормок также сильно зависела от осадков в июле ( $r=0,86$ ) (табл. 4).

Некорневые подкормки влияют не только на урожайность зерна, но и на качественные показатели. В данном опыте изучили количество белка в зерне яровой тритикале в зависимости от вида подкормки.

Таблица 4

**Зависимость эффективности подкормок от метеорологических условий за 2015-2017 гг.**

Показатель	Месяц				
	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
Осадки	0,66	-0,22	0,34	-0,43	0,86
Сумма средних температур	0,87	0,03	-0,74	-0,87	0,24

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что жидкое комплексное удобрение не сработало в плане увеличения количества белка в зерне у сортов Саур и Хайкар. Достоверных прибавок, независимо от агрофона, получено не было. Некорневая подкормка яровой тритикале карбамидом была более эффективным агроприемом, нежели подкормка ЖКУ. Достоверные прибавки были получены по сорту Хайкар на среднем и высоком агрофоне (1,1-1,4 %). Все остальные прибавки оказались статистически несущественными (таблица 5).

Таблица 5

**Содержание белка в зерне яровой тритикале при различных подкормках (среднее за 2015-2017 гг.), %**

Сорт (фактор А)	Год	Уровень агрофона, удобрение для подкормки, %						
		Без удобрений	низкий		средний		высокий	
			ЖКУ (фактор В)	карбамид (фактор С)	ЖКУ (фактор В)	карбамид (фактор С)	ЖКУ (фактор В)	карбамид (фактор С)
Саур	2015	13,1	13,3	14,2	13,6	13,7	13,5	14,3
	2016	13,0	13,4	14,0	13,8	13,5	13,4	13,9
	2017	14,1	14,3	14,6	14,6	14,6	14,4	14,7
	среднее	13,4	13,7	14,3	14,0	13,9	13,8	14,3
Хайкар	2015	15,4	15,6	16,0	15,6	16,1	16,2	16,8
	2016	12,3	12,7	13,2	12,9	13,5	13,1	13,6
	2017	12,2	12,9	13,3	12,9	13,6	13,0	13,8
	среднее	13,3	13,7	14,2	13,8	14,4	14,1	14,7
НСР <sub>05(фактор А)</sub> = 0,7								
НСР <sub>05(фактор В)</sub> = 0,8								
НСР <sub>05(фактор С)</sub> = 1,0								

В технологиях работы с удобрениями и, в частности с некорневыми подкормками, важную роль играет экономическое обоснование данного агроприёма. Важно знать, сколько один килограмм внесённого удобрения позволит дополнительно получить зерна. Понятно, что применение подкормки экономически оправдано, когда окупаемость будет больше единицы. Максимальная отдача была получена при использовании карбамида на высоком агрофоне (8,62 кг/кг), а при использовании ЖКУ – на низком и среднем агрофонах (8,40 и 8,00 кг/кг соответственно). Минимальный показатель окупаемости (3,60 кг/кг) был при работе с ЖКУ на высоком агрофоне (рис. 1).

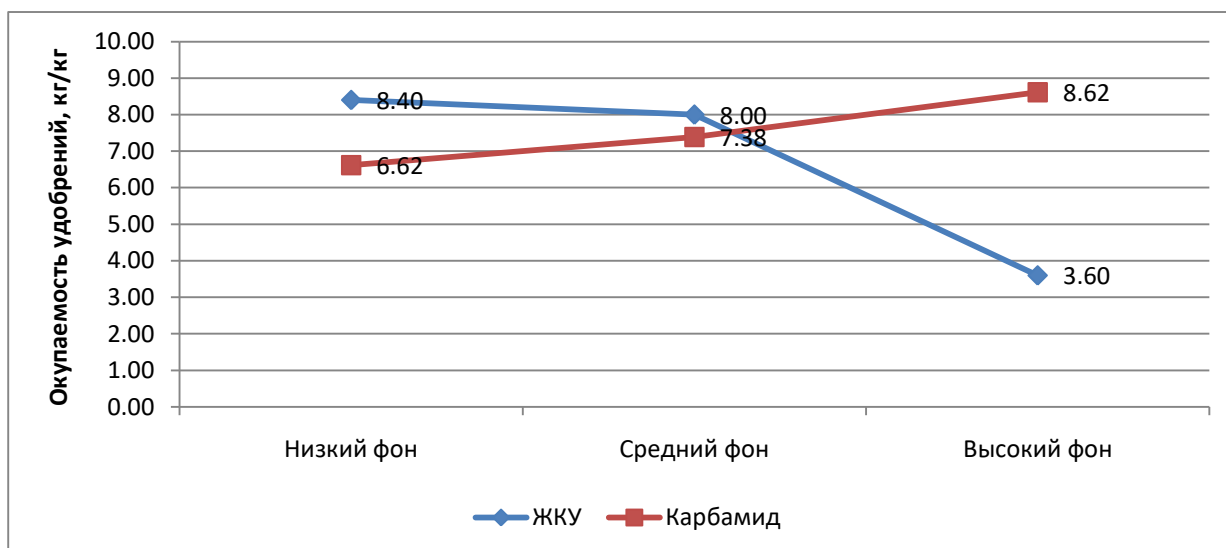


Рис. 1. Окупаемость удобрений зерном, кг/кг (среднее за 2015-2017 гг. по двум сортам)

### Выводы

Таким образом, из полученных данных следует, что система некорневых подкормок яровой тритикале сортов Саур и Хайкар в условиях северо-западной зоны Ростовской области должна строиться на количестве доступных фосфатов в почве. При низком и среднем содержании этого элемента востребована подкормка жидким комплексным удобрением дозой 50 кг/га в физическом весе в фазе выхода в трубку. Содержание белка в зерне остаётся при этом неизменным. При высоком уровне фосфатов в почве актуальна подкормка карбамидом дозой 65 кг/га в фазе начало колошения. Помимо роста урожайности, наблюдается улучшение качества зерна за счёт повышения количества белка в зерне. Оно составило у сорта Хайкар 1,1-1,4 %.

### Литература

1. Грабовец А.И., Бiryukov К.Н., Крохмаль А.В., Бiryukova О.В., Черноусов Е.В. Усовершенствованная технология возделывания новых сортов ярового тритикале в Северо-западной зоне Ростовской области (рекомендации) // п. Рассвет, – 2018. – 24 с.
2. Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Урожайность яровой твёрдой пшеницы на фоне различных доз и соотношений минеральных удобрений в центре Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2 (34). – С. 10-13.
3. Грабовец А.И., Бiryukov К.Н., Ляшков И.В. Эффективность комплексных удобрений при возделывании зернового озимого тритикале на южных чернозёмах // Агрохимия. – 2012. – № 4. – С. 35-41.
4. Грабовец А.И., Бiryukov К.Н. Внекорневые подкормки и их роль при возделывании озимых пшеницы и тритикале при засухах // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 36-39.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

### References

1. Grabovets A.I., Biryukov K.N., Krokhamal A.V., Biryukova O.V., Chernousov E.V. Improved technology for the cultivation of new varieties of spring triticale in the North-West zone of the Rostov region (recommendations) // Rassvet, 2018. 24 p.
2. Kryuchkov A.G., Eliseev V.I., Abdrashitov R.R. Productivity of spring durum wheat against the background of various doses and ratios of mineral fertilizers in the center of the Orenburg Cis-Urals // News of the Orenburg State Agrarian University. 2012. No. 2 (34). pp. 10-13.
3. Grabovets A.I., Biryukov K.N., Lyashkov I.V. Efficiency of complex fertilizers in the cultivation of winter grain triticale on southern chernozems // Agrochemistry. 2012. No. 4. S. 35-41.
4. Grabovets A.I., Biryukov K.N. Foliar top dressing and their role in the cultivation of winter wheat and triticale during droughts // Agriculture. 2018. No. 7. S. 36-39.
5. Dospekhov B.A. Methods of field experience. Moscow: Agropromizdat. 1985. 351 p.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН И РАСТЕНИЙ ГУМИНОВЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

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

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

*Лабораторные исследования показали, что у семян рапса, обработанных препаратом Гуматом Натрия «Сахалинский», длина проростков на третьи сутки проращивания превышала контрольные на 7,7-34,5%, на седьмые сутки – на 15,0-23,6%. Предпосевная обработка семян рапса препаратом Флор Гуматом универсальным оказала различное влияние на рост, развитие корешков и ростков. Дозы обработки семян препаратом: 200, 400 и 600 мл/т оказали слабое влияние на увеличение длины проростков – 1,6-8,1% и их массу – 9,1-9,4% к контрольному варианту. Густота стояния растений рапса на 1,0 квадратном метре превышала контроль (необработанные семена) на 10,9%. Лучшие результаты получены от применения на семенах рапса Флор Гумата универсального в дозе -1 л/т, а затем на обработке растений в фазу розетки листьев из расчёта – 0,7 л/га. Зелёная масса растений была больше, чем в контроле на 42,8%, урожайность рапса превышала контроль на 0,22 т/га, (10,4%), а содержание рапсового масла в выращенных семенах - на 1,99%.*

*При определении структурного анализа растений установлено, что обработка семян и растений рапса Гуматом Натрия «Сахалинский» и Флор Гуматом универсальным, увеличивает количество стручков (в среднем с одного растения) к контролю на 4,5%, количество семян – на 2,3-7,5%, массу семян на 12,5-16,6%. Масса 1000 семян рапса превышала контрольные семена на 8,0-8,3%.*

**Ключевые слова:** рапс, семена, растения, обработка, всхожесть, урожайность, Гумат Натрия «Сахалинский», Флор Гумат универсальный.

**Для цитирования:** Ерохин А.И. Продуктивность ярового рапса при обработке семян и растений гуминовыми препаратами. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 141-147. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-141-147

## PRODUCTIVITY OF SPRING RAPE WHEN TREATING SEEDS AND PLANTS WITH HUMIC PREPARATIONS

**Erokhin A.I.**

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

**Abstract:** *Laboratory tests showed that rape seeds treated with Sakhalin Sodium Humate exceeded the control seedlings length by 7.7-34.5% on the third day of germination and by 15.0-23.6% on the seventh day of germination. Presowing treatment of rape seeds with Flor Humat Universal had different effects on growth, root and sprout development. Doses of seed treatment with the preparation: 200, 400 and 600 ml/t had little effect on the increase of seedlings length - 1.6-8.1% and their weight - 9.1-9.4% to the control variant. The density of rapeseed plants per 1.0 square meter exceeded the control (untreated seeds) by 10.9%. The best results were obtained from the application of Flor Humate universal on rapeseed seeds at a dose of 1 l/t, and then on the treatment of plants in the phase of the rosette of leaves at the rate of 0.7 l/ha. The green mass of plants was 42.8% higher than that of the control (untreated seeds), rapeseed yield exceeded the*

*control by 0.22 t/ha, (10.4%), and the rapeseed oil content in the grown seeds by 1.99%. When determining the structural analysis of plants, it was found that treatment of seeds and plants of rape with Sakhalin Sodium Humate and Flor Humate Universal increased the number of pods (in average per plant) by 4.5%, the number of seeds by 2.3-7.5%, and the weight of seeds by 12.5 - 16.6%. Weight of 1000 seeds of rape exceeded the control seeds by 8.0 - 8.3%.*

**Keywords:** rape, seeds, plants, treatment, germination, yield, Sakhalin Sodium Humate, Flor Humate universal.

Рапс является экономически ценной культурой для аграрного производства. Семена рапса содержат от 35 до 45% рапсового масла, 21% белка и до 18% углеводов. Масло безэруковых сортов рапса отличается высокими вкусовыми качествами и широко используется в пищевой промышленности. Зелёная масса рапса содержит 4,9-5,1% белка и является хорошим кормом для животных. Рапс прекрасный медонос. В настоящее время стоит задача расширения посевных площадей под этой культурой и увеличения её продуктивности. Яровой рапс хорошо произрастает в различных почвенно-климатических условиях с суммой положительных температур 1700-2100°C и безморозным периодом не менее 110 дней [1].

Урожайность культуры непосредственно зависит от плодородия почвы. В последние годы значительная часть почв в Российской Федерации стремительно теряет своё плодородие. Обнаруживается обеднение пахотных земель микроэлементами. Вместе с урожаем из почвы выносятся: азот, фосфор, калий без внесения, которых в почву она истощается, идёт разрушение гуминовых веществ.

В настоящее время отечественной и мировой сельскохозяйственной наукой доказано, что почвенный покров способен в полной мере осуществлять свойственные ему экологические и биосферные функции лишь в том случае, если он обладает достаточно высоким уровнем плодородия. Основным показателем плодородия почвы – это содержание в ней гумуса.

Внесение биологически активных препаратов в почву вместе с семенами при посеве позволяет обеспечить проростки семян необходимыми питательными веществами, а обработка растений по вегетации способствует достоверному увеличению урожайности. В исследованиях по изучению применения гуминовых и минеральных удобрений в посевах рапса ярового выявлено их положительное действие на рост и развитие растений, продуктивность [2, 3, 4, 5, 6, 7].

**Цель исследований** – изучить влияние гуминовых препаратов Гумат Натрия «Сахалинский» и Флор Гумат универсальный при предпосевной обработке семян и вегетирующих растений на урожайность рапса ярового.

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

Исследования проведены в 2013 - 2015 гг. на сорте ярового рапса Ратник селекции ВНИИ рапса. Сорт характеризуется высокой степенью адаптации к агроклиматическим условиям регионов Европейской части России и Сибири, внесён в Госреестр селекционных достижений РФ по десяти регионам, за исключением Нижневолжского и Дальневосточного.

Обработку семян рапса Гуматом Натрия «Сахалинский» и Флор Гуматом универсальным проводили за две недели до посева (лучший срок обработки семян, обеспечивающий наибольший прирост корешков и ростков проростков). На семенах рапса были приняты следующие дозы Гумата Натрия «Сахалинский» – 2 л/т, Флор Гумата универсального: 200; 400; 600 и 1000 мл на тонну семян. В лабораторных опытах обработанные семена рапса проращивали в рулонах фильтровальной бумаги по ГОСТ 12038-84. Длину проростков (корешков и ростков) измеряли на день снятия энергии прорастания (через трое суток проращивания семян). Через семь суток проводили второе измерение на день снятия лабораторной всхожести. Лучшие варианты по длине проростков высевали в полевых условиях для дальнейшего изучения.

**Гумат Натрия «Сахалинский»** – органоминеральное экологически чистое удобрение острова Сахалин. Выпускается в виде 80% гранулированного порошка, а также в виде водного раствора 5% концентрации Гумата Натрия. Содержит в своём составе макро-и микроэлементы, необходимые для роста и развития растений. Применяется для предпосевной обработки семян, а также внекорневой обработки вегетирующих растений [8].

**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 ( $P_2O_5$ ) – 12,5, калия ( $K_2O$ ) – 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, рН не более 9,0. Спектр влияния препарата – регулирование роста, развития и повышение иммунитета растений, особенно в засушливые периоды вегетации [7].

В полевых условиях обработанные семена рапса высевали селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева -3,0 млн. всхожих семян на гектар. Размер делянок – 10 м<sup>2</sup>, повторность шестикратная, размещение делянок рендомизированное. Почвы опытного участка тёмно-серые, лесные, средне – суглинистые, с мощностью гумусового горизонта – 25-30 см. Содержание гумуса в почве-4,2-4,6%, подвижного фосфора 11,0-16,4, обменного калия 5,7-7,3 мг на 100 г почвы. Наличие в пахотном слое почвы микроэлементов, в расчёте на один килограмм абсолютно сухой почвы составляет: цинка-0,44, меди-0,17, железа-7,54, марганца-8,70, бора-0,79, кобальта-0,047 мг, рН солевой вытяжки – 5,0-5,5. В целом характеристика почв достаточно благоприятна для роста и развития этой культуры.

Обработку посевов ярового рапса Гуматом Натрия «Сахалинский» проводили из расчёта-1 л/га в фазы розетки и бутонизации, Флор Гуматом универсальным из расчёта-700 мл/га и на 300 литров воды в фазу розетки листьев.

В период вегетации растений проведены наблюдения и учёты в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985). Учёт полевой всхожести проводили в период появления полных всходов. Проведено изучение динамики роста, учёты зелёной массы растений. Делянки убраны прямым комбайнированием. Полученные урожайные данные обработаны математически, методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

#### **Результаты исследований**

Лабораторные исследования показали, что у семян рапса, обработанных препаратом Гуматом Натрия «Сахалинский», длина проростков на третьи сутки проращивания превышала контрольные на 7,7-34,5%, на седьмые сутки проращивания – на 15,0-23,6%, масса проростков – на 25,7-30,0%. Предпосевная обработка семян рапса препаратом Флор Гуматом универсальным оказала различное влияние на рост, развитие корешков и ростков. Обработка семян препаратом в дозе 200, 400 и 600 мл/т оказали слабое влияние на увеличение длины проростков – 1,6-8,1% и их массу – 9,1-9,4% к контрольному варианту (табл.1).

Лучшие результаты получены от применения на семенах рапса Флор Гумата универсального в дозе 1,0 л/т. На третьи сутки проращивания длина корешков и ростков, обработанных семян была больше контрольных на 20,0-23,5%, на седьмые сутки-13,1-24,2% их масса на 31,3-36,3%.

Таблица 1

**Рост и развитие проростков рапса ярового в зависимости от предпосевной обработки семян гуминовыми препаратами, 2013-2015 гг.**

Варианты обработки семян	Длина проростков, см				Масса проростков на 7-е сутки, г	
	на 3-е сутки проращивания семян, см		на 7-е сутки проращивания семян, см			
	корешков	ростков	корешков	ростков	корешков	ростков
<b>Гумат Натрия «Сахалинский»</b>						
Контроль – не обработанные семена	2,9	1,3	8,9	6,0	1,0	3,5
Гумат Натрия «Сахалинский» -2л/т.	3,9	1,4	11,0	6,9	1,3	4,4
<b>Флор Гумат универсальный</b>						
Контроль – не обработанные семена	1,7	0,5	10,7	6,2	1,1	3,2
Флор Гумат универсальный 0,2 л/т.	0,7	0,4	9,9	6,3	1,1	3,2
Флор Гумат универсальный -0,4 л/т.	1,6	0,4	9,8	6,4	1,2	3,3
Флор Гумат универсальный 0,6 л/т.	1,8	0,4	10,2	6,7	1,2	3,5
Флор Гумат универсальный 1,0 л/т.	2,1	0,5	11,1	7,7	1,5	4,2

Обработка семян Флор Гуматом универсальным, в дозе – 1 л/т, способствует лучшему прорастанию. Густота стояния растений рапса на одном квадратном метре превышала контрольные растения на 10,9%, при сравнении, у обработанных семян Гуматом Натрия «Сахалинский» на 8,2% (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние предпосевной обработки семян гуминовыми препаратами на густоту стояния растений ярового рапса, среднее за 2013-2015 гг.**

Варианты обработки семян	Количество растений на 1м <sup>2</sup> , шт	Отклонение от контроля, шт	В % к контролю
<b>Гумат Натрия «Сахалинский»</b>			
Контроль – не обработанные семена	159,0	-	
Гумат Натрия «Сахалинский»-2 л/т.	172,0	13,0	8,2
<b>Флор Гумат универсальный</b>			
Контроль необработанные семена	147,0	-	-
Флор Гумат универсальный-1 л/т.	163,0	16,0	10,9

Наибольший прирост высоты растений рапса наблюдался в первые три декады после появления всходов. По сравнению с контрольным вариантом высота растений у семян,



обработанных Гуматом Натрия «Сахалинский» в дозе-2 л/т была выше на 7,2%, зелёная масса растений – на 15 г или 3,8%.

Обработка семян рапса-2 л/га и растений в фазу розетки в дозе – 1 л/га, двойное применение на растениях Гумата Натрия «Сахалинский» по 1 л/га, в фазу розетки листьев и бутонизации, повышает высоту растений, к контролю на 12,0 см (9,6%), зелёную массу на 55,0-105,0 г (13,9-26,0%) (табл. 3).

Лучшие результаты в урожайности зелёной массы получены в вариантах опыта с применением гуминового препарата Флор Гумата универсального в дозе – 1 л/т на обработке семян и 0,7 л/га на обработке растений. Зелёная масса растений рапса превышала контрольные на 27,0-45,0 г или 25,7-42,8%, высота составило всего – 6,2-6,8%.

Таблица 3

**Влияние гуминовых препаратов на высоту и зелёную массу растений ярового рапса, среднее за 2013-2015 гг.**

Варианты опыта	Высота растений,		Зелёная масса растений,	
	см	%	г	%
<b>Гумат Натрия «Сахалинский»</b>				
Контроль – не обработанные семена	125,0	-	395,0	-
Гумат Натрия «Сахалинский» -2 л/т-обработка семян	134,0	7,2	410,0	3,8
Гумат Натрия «Сахалинский» - 2 л/т-обработка семян + обработка растений препаратом в фазу розетки листьев -1 л/га	137,0	9,6	450,0	13,9
Гумат Натрия «Сахалинский» - 2 л/т-обработка семян + обработка растений препаратом в двух фазах розетки листьев и бутонизации – по 1 л/га	137,0	9,6	500,0	26,0
<b>Флор Гумат универсальный</b>				
Контроль – не обработанные семена	85,0	-	105,0	-
Флор Гумат универсальным-1 л/т-обработка семян	90,3	6,2	132,0	25,7
Флор Гуматом универсальным-1 л/т + обработка семян +обработка растений препаратом в фазу розетки листьев-0,7 л/га	90,8	6,8	150,0	42,8

Обработка семян Гуматом Натрия «Сахалинский» в дозе-2 л/т увеличивает урожайность ярового рапса всего на 0,05т/га (2,1%). Предпосевная обработка семян препаратом - 2л/т, а затем обработка растений рапса в фазу розетки листьев увеличивает урожайность семян к контролю на 0,11 т/га (4,6%). Обработка семян и двойная обработка растений в фазу розетки листьев и бутонизации рапса увеличивает урожайность – на 0,23 т/га или 9,7%. У обработанных семян и растений Гуматом Натрия «Сахалинский» содержание рапсового масла в выращенных семенах составляет от 1,27 до 1,89 % к контрольному варианту (табл. 4).

Лучшие результаты получены от применения на семенах рапса Флор Гумата универсального, в меньшей дозе – 1 л/т, а затем на обработке растений в дозе – 0,7 л/га, урожайность рапса превышала контроль на 0,15-0,22 т/га, (7,1-10,4%), а содержание рапсового масла в выращенных семенах на 1,26-1,99% (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние гуминовых препаратов на урожайность ярового рапса и содержание рапсового масла в выращенной продукции, среднее за 2013-2015 гг.**

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю,		Содержание масла в семенах, %	% к контролю
		т/га	%		
<b>Гумат Натрия «Сахалинский»</b>					
Контроль – не обработанные семена	2,38	-	-	41,88	
Гумат Натрия «Сахалинский» -2 л/т-обработка семян	2,43	0,05	2,1	42,38	1,19
Гумат Натрия «Сахалинский» - 2 л/т-обработка семян + обработка растений препаратом в фазу розетки листьев-1 л/га	2,49	0,11	4,6	42,41	1,27
Гумат Натрия «Сахалинский» - 2 л/т-обработка семян + обработка растений препаратом в двух фазах розетки листьев и бутонизации – по 1 л/га	2,61	0,23	9,7	42,67	1,89
НСР <sup>05</sup>	0,10				
<b>Флор Гумат универсальный</b>					
Контроль - необработанные семена	2,12	-	-	41,80	-
Семена, обработанные Флор Гуматом универсальным-1 л/т	2,27	0,15	7,1	42,33	1,26
Семена, обработанные Флор Гуматом универсальным-1л/т +обработка растений препаратом в фазу розетки листьев - 0,7 л/га	2,34	0,22	10,4	42,63	1,99
НСР <sup>05</sup>	0,08				

При структурном анализе установлено, что обработка семян и растений рапса гуминовыми препаратами увеличивает количество стручков (в среднем с одного растения) к контролю на 4,5%, количество семян – 2,3-7,5%, массу семян с одного растения на 12,5-16,6%. Масса 1000 семян рапса превышала контрольные семена на 0,4-0,6 г (8,0-8,3%).

Следовательно, Флор Гумат универсальный в меньшей дозе на обработке семян -1 л/т и растений – 0,7л/га в большей степени влияет на продуктивность растений, чем препарат Гумат Натрия «Сахалинский» в дозе-2 л на тонну семян и 1 л/га на обработке растений.

#### Заключение

Предпосевная обработка семян рапса гуминовыми препаратами: Гуматом Натрия «Сахалинский» и Флор Гуматом универсальным, а также обработка растений этими препаратами способствует появлению дружных всходов, повышает густоту стояния растений на площади на 8,2-10,9%, увеличивает рост растений во время вегетации на 6,2-9,6 % и зелёную массу растений на 3,8-42,8% к контролю.

Семена, обработанные Гуматом Натрия «Сахалинский» в дозе 2 л/т и Флор Гуматом универсальным в дозе 1 л/т увеличивают урожайность рапса на 0,05-0,15 т/га (2,1-7,1%). Лучшие результаты в урожайности рапса получены от двойного применения препарата Флор Гумата универсального – это обработка семян – 1 л/т, а затем растений – 0,7 л/га. Превышение

урожайности над контролем в этом варианте составило 0,22 т/га, (10,4%), а содержание рапсового масла в выращенной продукции 1,99%.

#### Литература

1. Шпаар Д. Рапс и сурепица. Выращивание, уборка, использование. – М., 2007. – 152 с.
2. Ильин Е.А. Гумат калия жидкий, торфяной. Комплексное органоминеральное удобрение ООО «Флексом», – М., – 2004. – 56 с.
3. Сергеева С. Е. Биологическая активность гуминовых продуктов на семенных посевах ярового рапса. // Актуальные вопросы развития идей В.В. Докучаева в XXI веке. Развитие аграрной науки на современном этапе: материалы МНП конференции и Всероссийской школы молодых ученых и специалистов, посвященных 130-летию организации «Особой экспедиции Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России», в 2 частях, Каменная Степь, 14–16 июня 2022 года. Том Ч. 2. – Москва: ООО "Издательство Ритм", 2022. – С. 129-133. – EDN GFHXNX.
4. Соколов А.А., Лупова Е.И., Мазиров М.А., Виноградов Д.В. Влияние органоминерального удобрения на продуктивность ярового рапса в условиях Рязанской области // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1(91). – С. 29-33. – DOI 10.24411/2225-2584-2020-10106. – EDN XTNXWI.
5. Кузнецова Г. Н., Полякова Р. С. Применение гуминовых и минеральных удобрений в посевах рапса ярового. // *International Agricultural Journal*. – 2021. – Т. 64, № 5. – С. 217-228. – DOI 10.24412/2588-0209-2021-10368. – EDN AFHKNZ.
6. Ерохин А.И., Логинова Е.Н. Влияние препарата Солюбор ДФ на продуктивность растений ярового рапса. // Роль генетических ресурсов и селекционных достижений в обеспечении динамичного развития сельскохозяйственного производства // Материалы МНП конференции, Дня поля и Ярмарки сортов. Орел: Изд-во ПФ «Картуш». – 2009. – С. 308-314.
7. Ерохин А.И., Зотиков В.И. Улучшение посевных качеств семян и повышение сельскохозяйственных культур на основе применения гуминовых препаратов и защитно-стимулирующих составов: рекомендации. Орёл. ФГБНУ ВНИИЗБК, – 2015. – 48 с.
8. Гумат Натрия «Сахалинский». Проспект. Изд-во «ООО Биомир». – Москва. – 2000. – С. 1-10.

#### References

1. Shpaar D. Raps i surepitsa. Vyrashchivanie, uborka, ispol'zovanie [Rapeseed and bittercane. Cultivation, harvesting, use]. Moscow, 2007, 152 p. (In Russian)
2. Il'in E.A. Gumat Kaliya zhidkii, torfyanoi. Kompleksnoe organo-mineral'noe udobrenie «ООО Флексом» [Potassium humate liquid (peat). Complex organo-mineral fertilizer from "ООО Флексом"]. Moscow, 2005, 56 p. (In Russian)
3. Sergeeva S. E. Biologicheskaya aktivnost' guminovykh produktov na semennykh posevakh yarovogo rapasa [Biological activity of humic products on seed crops of spring rape]. Aktual'nye voprosy razvitiya idei V.V. Dokuchaeva v XXI veke. Razvitie agrarnoi nauki na sovremennom etape: materialy MNP konferentsii i Vserossiiskoi shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennykh 130-letiyu organizatsii «Osoboi ekspeditsii Lesnogo departamenta po ispytaniyu i uchetu razlichnykh sposobov i priemov lesnogo i vodnogo khozyaistva v stepyakh yuzhnoi Rossii», v 2 chastyakh [Actual Issues of Development of V.V. Dokuchaev's ideas in the XXI century. Development of agrarian science at the present stage: materials of the ISP conference and the All-Russian school of young scientists and specialists, dedicated to the 130th anniversary of the organization of "Special expedition of the Forest Department for testing and accounting of various methods and techniques of forest and water management in the steppes of southern Russia", in 2 parts], Kamennaya Step', 14-16 June, 2022. V. 2, 2022, Moscow, ООО "Ritm" Publ., 2022, pp. 129-133. - EDN GFHXNX. (In Russian)
4. Sokolov A.A., Lupova E.I., Mazirov M.A., Vinogradov D.V. Vliyanie organomineral'nogo udobreniya na produktivnost' yarovogo rapasa v usloviyakh Ryazanskoi oblasti [Influence of organomineral fertilizer on the productivity of spring rapeseed in the conditions of the Ryazan region]. *Vladimirskii zemledelets*, 2020, 1(91), pp. 29-33. - DOI 10.24411/2225-2584-2020-10106. - EDN XTNXWI. (In Russian)
5. Kuznetsova G. N., Polyakova R. S. Primenenie guminovykh i mineral'nykh udobrenii v posevakh rapasa yarovogo [Application of humic and mineral fertilizers in crops of spring rapeseed]. *International Agricultural Journal*, 2021, V. 64, no. 5, pp. 217-228. DOI 10.24412/2588-0209-2021-10368. - EDN AFHKNZ. (In Russian)
6. Erokhin A.I. Loginova E.N. Vliyanie preparata Solyubor DF na produktivnost' rastenii yarovogo rapasa [Influence of Solyubor DF on the productivity of spring rapeseed plants]. Rol' geneticheskikh resursov i selektsionnykh dostizhenii v obespechenii dinamichnogo razvitiya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva [The role of genetic resources and breeding achievements in ensuring the dynamic development of agricultural production]. *Materialy Dnya polya i Yarmarki sortov* [Materials of the Field Day and Varieties Fair]. Orel, PF «Kartush» Publ., 2009, pp. 308 - 314. (In Russian)
7. Erokhin A.I., Zotikov V.I. Uluchshenie posevnykh kachestv semyan i povyshenie produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na osnove primeneniya guminovykh preparatov i zashchitno-stimuliruyushchikh sostavov: rekomendatsii [Improving the sowing qualities of seeds and increasing the productivity of agricultural crops through the use of humic preparations and protective-stimulating compounds: recommendations]. Orel, FGBNU VNIIZBK, 2015, 48 p. (In Russian)
8. Gumat Natriya «Sakhalinskii». Prospekt. «ООО Биомир» Publ., Moskva, 2000, pp. 1-10. (In Russian)

## ОЦЕНКА НОВОГО СОРТА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ИКОРЕЦ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ, ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

**Л.А. ЕРШОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-8568-2837

**Т.Г. ГОЛОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-3296-1984

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

E-mail: niish1c@mail.ru

*В статье дана характеристика нового сорта ярового ячменя Игорец селекции Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева и приведены результаты его изучения в питомнике экологического сортоиспытания. Исследования проведены в 2015 – 2022 годах в сравнении с наиболее распространенными в области районированными сортами. Стандартом служил широко распространенный сорт Приазовский 9. Анализ определения коэффициента адаптивности показал, что новый сорт Игорец обеспечивает стабильную по годам урожайность и адаптирован к засушливым и неустойчивым по влагообеспеченности условиям области ( $B_i = 0,89$ ,  $S_i = 7,18$ ). В среднем за 6 лет урожайность сорта составила 3,59 т/га. Максимальная урожайность получена в Государственном сортоиспытании в 2018 году в Курской области – 7,59 т/га, в экологическом испытании в 2022 году в условиях Ростовской области – 6,44 т/га. По технологическим показателям семян сорт Игорец относится к пивоваренной группе. Ценность сорта Игорец – оптимальное сочетание продуктивности, пивоваренных качеств зерна, устойчивости к полеганию и засухе.*

**Ключевые слова:** сорт, продуктивность, адаптивность, качество зерна.

**Для цитирования:** Ершова Л.А., Голова Т.Г. Оценка нового сорта ярового ячменя Игорец по экологической устойчивости, продуктивности и качеству зерна. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 148-155. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-148-155

## EVALUATION OF A NEW SPRING BARLEY VARIETY IKORETS ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY, PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY

**L.A. Ershova, T.G. Golova**

FSBSI «V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN RESEARCH CENTER»

**Abstract:** *The article describes the characteristics of a new variety of spring barley of the selection of the Federal State Budgetary Institution “Voronezh FARC named after V.V. Dokuchaev” Ikorets and presents the results of its study in the nursery of ecological variety testing. The studies were conducted in 2015-2022 in comparison with the most common zoned varieties in the region. The standard was the widespread variety of Priazovsky 9. Analysis of the determination of the adaptability coefficient showed that the new variety provides stable seed yields and adapted to arid and unstable in moisture supply to the conditions of the region ( $B I = 0.89$ ,  $S_i = 7.18$ ). On average, over 6 years, the productivity of the variety was 3.59 t/ha. The maximum yield was obtained in the State variety testing in 2018 in the Kursk region - 7.59 t / ha, in the environmental test in 2022 in the Rostov region – 6.44 t / ha. According to the technological qualities of seeds, the variety Ikorets belongs to the brewer group. The value of the Ikorets variety is the optimal combination of productivity, brewing qualities of grain, resistance to lodging and drought.*

**Keywords:** variety, productivity, adaptability, grain quality.

### Введение

В Центрально-Черноземном регионе по посевным площадям и валовому сбору зерна в группе зерновых культур ячмень занимает одно из ведущих мест. Производителям практически ежегодно предлагаются новые высокопродуктивные сорта, как правило, интенсивного типа европейской селекции. Но, несмотря на это, потребности производства в зерне, особенно пивоваренном, не удовлетворены полностью. Реальная величина урожайности зависит от биологических особенностей сорта и условий выращивания, наиболее существенна зависимость урожая от основных агрометеорологических параметров [1]. В настоящее время особенно актуально создание сортов, сочетающих высокую потенциальную урожайность со способностью противостоять неблагоприятным биотическим и абиотическим стрессовым факторам [2, 3, 4].

Климат ЦЧЗ характеризуется умеренной континентальностью, возрастающей с северо-запада на юго-восток, при 575 и 450 мм годовых осадков; характерной особенностью является неравномерность выпадения осадков по годам и периодам года. Основным лимитирующим фактором на юго-востоке зоны является влагообеспеченность, все более снижающаяся в последние годы. На основе анализа климатических условий и результатов селекции был сделан вывод, что основным направлением селекционной работы с ячменем в условиях юго-востока ЦЧЗ (Каменная Степь), наряду с повышением продуктивности и качества зерна, должно быть повышение жаростойкости и адаптивного потенциала новых сортов путем использования исходного материала, приспособленного к местным природным факторам.

**Цель исследований** – создание и испытание нового сорта ячменя в питомниках конкурсного, экологического и государственного сортоиспытаний, оценка и характеристика его по экологической устойчивости, продуктивности и качеству зерна.

#### Условия, материалы и методы исследования.

Исследования проведены в 2015-2022 годах на полях селекционного севооборота Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева в питомниках конкурсного и экологического сортоиспытания по предшественнику горох на зерно. Материалом для изучения были новый сорт Икорец и районированные в области сорта, в том числе пивоваренные, наиболее распространенные в области по посевным площадям Беатрис, Эйфель, Зу Сурен, Зу Заза, Осколец. Технология возделывания ярового ячменя (обработка почвы, сроки посева, нормы высева) – общепринятая для Центрально-Черноземного региона. Посев осуществляли сеялкой СУ-10 на делянках площадью 10 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (М. 1985), оценку устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания рассчитывали по методике А.А. Гончаренко [5], показатели экологической пластичности и стабильности - по методике в изложении В.З. Пакудина и Л.М. Лопатиной [6].

Метеорологические условия значительно варьировали по годам. Наиболее благоприятными для роста и развития ячменя были 2015-2017 и 2022 годы. Метеоусловия периодов вегетации за годы изучения в КСИ (2015-2017) сложились вполне благоприятно, с небольшим превышением (на 9,6-11,4%) температурного фактора по сравнению со среднемноголетними данными и более значительном увеличении количества осадков (30,0-63,1%). Гидротермический коэффициент в 2017 году составил 1,2 и 0,73 соответственно, а индекс среды (Ij) – 8,34; ГТК прохладной и влажной первой половины вегетации (до колошения) 2022 года составил 1,15, второй половины (налив и созревание зерна) – 1,66, индекс среды (Ij) = 7,90. Условия вегетации в 2021 году сложились неоднозначно. Хорошая влагообеспеченность периода до колошения (ГТК = 1,63) позволила сформироваться мощному по высоте и густоте стеблестоя. Однако, в результате сформированной высокой биомассы, сильные ливни и ураганные ветры в период налива и созревания зерна спровоцировали сильное полегание посевов, а последующие высокие температуры воздуха, достигающие до 35<sup>0</sup>С, не позволили зерну полноценно налиться (ГТК = 0,74, индекс среды (Ij) = 4,55). Масса 1000 зерен составила 31,3-39,4 г. Неблагоприятные условия сложились в 2018-

2020 гг. Наиболее экстремальные условия отмечены в 2018 году (ГТК составил 0,65 и 0,35, а индекс среды = -15,45). Первая половина вегетации 2019 года характеризовалась как сухая, вторая – как засушливая, на фоне высоких температур эпизодические осадки ливневого характера не оказывали существенного влияния на развитие ячменя (ГТК = 0,57 и 0,84,  $I_j = -3,70$ ). В 2020 году достаточное увлажнение и оптимальные условия вегетации до колошения сменили аномально высокие температуры на фоне недостаточного количества осадков в период созревания зерна (ГТК = 1,41 и 0,73,  $I_j = -1,64$ ).

#### Результаты и их обсуждение

Сорт Икорец создан в лаборатории селекции ячменя Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева методом внутривидовой гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной популяции F-2 Владимир х Гетьман, созданной в системе эколого-географических скрещиваний в направлении повышения продуктивности и улучшения пивоваренных показателей зерна. Обе родительские формы отнесены Государственной инспекцией по сортоиспытанию к пивоваренным и ценным сортам. В качестве материнской формы использован интенсивный сорт отечественной селекции Владимир, характеризующийся в условиях юго-востока ЦЧЗ как среднепоздний, среднерослый, среднезасухоустойчивый, устойчивый к полеганию. Зерно крупное, средняя масса 1000 зерен - 48,9 г. В качестве отцовской формы использован сорт степного типа украинской селекции Гетьман, среднеспелый, среднерослый, среднеустойчивый к полеганию и засухе, отличающийся высокой продуктивной кустистостью, масса 1000 зерен составляет 46,9 г.

Скрещивание проведено в острозасушливом 2007 году, элитное растение отобрано во втором гибридном поколении в 2009 году, характеризовавшемся засушливыми условиями в начале вегетации и острозасушливыми - в период налива зерна. Изучение перспективной линии Л11/17 в конкурсном сортоиспытании (табл. 1) проходило в благоприятных по влагообеспеченности 2015-2017 годах; средняя урожайность линии составила 4,14 т/га, превысив стандарт Приазовский 9 на 0,29 т/га или 7,0%.

Таблица 1

#### Урожайность ячменя сорта Икорец в конкурсном сортоиспытании, т/га

Показатели	Годы	Урожайность, т/га		Прибавка к стандарту, т/га
		Икорец	Приазовский 9	
Урожайность % к стандарту	2015 НСР <sub>05</sub> =0,26	4,41	4,03 109,4	<b>+0,38</b>
Урожайность % к стандарту	2016 НСР <sub>05</sub> =0,18	3,45	3,03 113,9	<b>+0,42</b>
Урожайность % к стандарту	2017 НСР <sub>05</sub> =0,31	4,56	4,49 101,5	<b>+0,07</b>
Средняя урожайность ,гомеостатичность		<b>4,14</b> 3,73	<b>3,85</b> 2,64	

В 2016-2017 годах сорт проходил экологическое испытание в 3 пунктах ЦЧЗ: Митрофановка (степная зона Воронежской области), Курском ФАНЦ (Курская область) и ФНЦ имени В.В. Мичурина (Чакино, Тамбовская область), охарактеризовавшие его как более продуктивный, чем стандарт Приазовский 9. Максимальные прибавки урожая зерна к стандарту получены в засушливых условиях юга Воронежской области – Митрофановка (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность ячменя сорта Икорец в экологическом сортоиспытании, т/га**

Название линии, сорта	Годы	Пункты испытания				Средняя	Ном
		Каменная Степь	Митрофановка	Курск	Чакино		
<b>Икорец</b>	2017	4,56 +0,07*	4,08 +0,99	4,71 +0,34	5,25 -0,04	<b>4,65</b>	<b>4,0</b>
	2016	3,45 +0,42	3,27 +0,84	3,24 +0,31	2,65 +0,20	<b>3,15</b>	<b>3,9</b>
средняя		<b>4,0</b>	<b>3,68</b>	<b>3,98</b>	<b>3,94</b>		
Приазовский 9	2017	4,49	3,09	4,37	5,29	<b>4,31</b>	<b>2,0</b>
	2016	3,03	2,43	2,93	2,45	<b>2,71</b>	<b>4,5</b>
средняя		<b>3,76</b>	<b>2,76</b>	<b>3,65</b>	<b>3,87</b>		
<b>Суздалец</b>	2017			5,12			
	2016			2,37			
НСР <sub>0,5</sub>	2017	0,31	0,25	0,39	0,42		
	2016	0,18	0,14	0,23	0,21		

\* Примечание: +0,07 – прибавка к стандарту Приазовский 9

Формируя высокую урожайность по этапам селекционного процесса в резко контрастных условиях вегетации области (остро засушливый 2010 г. – влажный 2017 г.) и в экологическом изучении по зоне, сорт зарекомендовал себя как высоко пластичный и адаптированный к местным климатическим факторам.

В 2018-2019 годах сорт Икорец проходил Государственное сортоиспытание по Центрально-Черноземному (5) региону. Погодные условия Воронежской области в эти годы характеризовались как засушливые. В среднем за два года сорт Икорец превышал по продуктивности стандарт на 0,15 т/га (табл.3). Максимальная прибавка к стандарту составила 0,69 т/га при урожайности 3,49 т/га. Средняя урожайность по 5 региону составила 4,57 т/га, максимальная – 7,59 т/га получена в Курской области в 2018 году.

Таблица 3

**Урожайность сорта ярового ячменя Икорец на сортоучастках Воронежской области, среднее за 2018-2019 гг.**

Название	Борисоглебский	Ерышевский	Калачеевский	Острогожский
Приазовский 9, стандарт	2,67	3,85	2,75	2,00
Икорец	2,53	4,23	2,86	2,26
НСР <sub>05</sub>	0,22	0,35	0,26	0,13

В 2020 году сорт был внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Центрально-Черноземному региону. Оригинатор и патентообладатель ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева» (патент № 11152 от 29.06.2020 г.), авторы сорта Голова Т.Г., Ершова Л.А.

Сорт Икорец (разновидность нутанс) по длине вегетационного периода (73-86 дней) входит в группу среднеспелых, но отличается более длительным межфазным периодом «всходы – колошение» – до 3 дней по отношению к стандарту (табл. 4). Куст полупрямостоячий, растение среднерослое (55,0-77,2 см). Колос средней длины, цилиндрической формы, средней плотности со средним восковым налетом, соломенно-желтый. Ости расположены параллельно колосу, средне зазубренные, средне грубые, длинные, с антоциановой окраской кончиков средней интенсивности; стерильный колосок отклоненный, заостренный; длина колосковой чешуи среднего колоска короче зерновки. Зерно сорта выровненное (сход с решета 2,5 мм – 81,4 %), желтого цвета, удлинено-овальное. Масса 1000 зерен 38,2-49,5 г. Отличается высокой продуктивной кустистостью и

сохранностью продуктивного стеблестоя к уборке. Устойчивость к засухе и полеганию выше средней (4,5 и 4,0 балла соответственно). Сорт обладает групповой устойчивостью к двум видам головни и корневым гнилям. На искусственном инфекционном фоне проявил слабую восприимчивость к возбудителям пыльной и каменной головни (поражение 5,2-10,7% и 9,0-12,0%).

Таблица 4

**Морфологическая характеристика сорта ячменя Икорец, ЭСИ (2017-2022 гг.)**

Показатели	Икорец	Приазовский 9, стандарт	± к стандартному сорту
Период всходы – колошение, дней	47	44	+3,0
Вегетационный период, дней	79	78	+1,0
Высота растений, см	65,3	69,4	-4,1
Продуктивный стеблестой, ст./м <sup>2</sup>	687	630	+57,0
Продуктивная кустистость, ст/раст.	1,9	1,6	+0,3
Длина колоса, см	7,4	7,3	+0,1
Число зерен в колосе, шт.	21	21	0,0
Масса зерна с колоса, г	1,18	1,02	+0,16
Масса 1000 зерен, г	45,4	42,1	+3,30
Выход зерна к общей массе, %	35,7	34,9	+0,8

Урожай зерна у сорта Икорец формируется за счет высокого продуктивного стеблестоя и крупного зерна. Поскольку сорт формирует высокую биомассу и крупное зерно, в условиях высокой влагообеспеченности и на высоком агрофоне желательны профилактические мероприятия для защиты посевов от полегания.

Оценка сорта Икорец была продолжена в 2017-2022 годах в экологическом питомнике в сравнении с наиболее распространенными в области по посевным площадям районированными сортами пивоваренного и кормового направления.

Согласно результатам дисперсионного анализа, на изменение урожая и массы 1000 зерен основное влияние оказали условия выращивания (годы) – 78,8% и 75,3% (табл. 5). На формирование белка и крахмала также в наибольшей степени влияли условия года (55,1%, 42,3%) при более значительной доле влияния генотипа (16,1%, 17,3%). На стекловидность зерна основное влияние оказывал генотип сорта (60,3%).

Таблица 5

**Доля влияния факторов на урожайность и качество зерна, %**

Источник варьирования	Урожайность	Масса 1000 зерен	Содержание в зерне		Стекловидность зерна
			белка	крахмала	
Фактор А (годы)	78,8	75,3	55,1	42,3	12,5
Фактор В (сорт)	4,6	17,3	16,1	17,3	60,3
Случайное	16,6	7,4	28,8	40,4	27,2

Сравнительная оценка продуктивности сортов подтвердила лучшую адаптацию к нестабильному и недостаточному увлажнению периода вегетации в условиях области сорта Икорец. Адаптивность сорта оценивалась параметрами экологической пластичности (отзывчивость на изменение условий по коэффициенту регрессии  $b_i$ ), стабильности (по показателю  $S_i$ , определяющему насколько надежно сорт соответствует пластичности) и стрессоустойчивости ( $Y_{min} - Y_{max}$ ) (табл. 6). По продуктивности в засушливые годы Сорт Икорец превосходил сорта степного типа Медикум 157 и Таловский 9, а в условиях достаточной влагообеспеченности не уступал западным интенсивным сортам. Средняя прибавка над стандартным сортом Приазовский 9 составила 0,19 т/га, самая высокая за 6 лет урожайность сформирована им во влагообеспеченные 2017 и 2022 годы. Отмечено, что



повышение урожайности сорта получено за счет повышения не только верхнего, но и нижнего порога урожайности.

Таблица 6

**Урожайность и параметры экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя в экологическом сортоиспытании, 2017-2022 гг.**

Сорт	Урожайность, т/га		Индексы				
	lim	$\bar{x}$	bi	Si	V, %	$Y_{\min} - Y_{\max}$	Ном
Икорец	2,40-4,56	3,59	0,89	7,18	24,0	-21,6	7,14
Приазовский 9, ст.	2,24-3,94	3,40	0,69	3,86	21,0	-17,0	10,49
Медикум 157	1,71-4,33	3,48	1,10	37,77	37,6	-26,2	4,07
Таловский 9	2,00-3,93	3,37	0,69	15,31	24,1	-19,3	8,23
Беатрис	1,16-3,69	2,85	1,10	3,53	41,6	-25,3	3,19
Ейфель	2,37-4,57	3,52	0,69	31,07	22,9	-22,0	7,10
Зу Сурен	1,51-4,77	3,31	1,25	14,93	37,5	-32,6	2,86
Зу Заза	1,72-4,92	3,33	1,26	17,38	36,0	-32,0	2,90
Осколец	1,16-4,62	3,32	1,34	4,31	42,3	-34,6	2,60
НСР <sub>05</sub>		0,16					

Изменчивость урожайности (коэффициент вариации  $V=24,0\%$ ) в столь контрастных погодных условиях была в целом высокой у всех сортов, но у сорта Икорец она находилась на уровне высоко адаптированных к местным климатическим факторам сортов Приазовский 9 и Таловский 9. С более низкой вариабельностью продуктивности связывается гомеостатичность – показатель способности сорта сводить к минимуму последствия неблагоприятных внешних условий. У сорта Икорец высокая гомеостатичность совпадает с высокой урожайностью. Подобное сочетание отмечается не всегда. Так, сорт Приазовский 9 по гомеостатичности превосходил все изучаемые сорта, а по урожайности был на уровне сорта Медикум 157 со средним уровнем гомеостатичности.

Сорт Икорец можно охарактеризовать как достаточно пластичный для условий недостаточного увлажнения, колебания уровня его урожайности в средней степени соответствовали изменениям условий выращивания, а низкое значение показателя стабильности  $S_i$  указывает на его хорошую толерантность к изменению условий вегетации. На достаточно высокую устойчивость сорта к неблагоприятным факторам среды указывает и низкое значение показателя стрессоустойчивости ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ), поскольку чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта и шире диапазон его приспособительных возможностей.

Высокий потенциал продуктивности и качества зерна сортов западной селекции, способствует в определенной степени снижению их устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, особенно в регионах резко континентального климата. Менее всего засушливые условия области способствовали реализации биологического потенциала высокоинтенсивных сортов Зу Сурен, Зу Заза, Беатрис и Осколец. На уровне сорта Икорец по продуктивности был засухоустойчивый западный сорт Ейфель – средняя урожайность их составила 3,59 и 3,52 т/га соответственно. Однако Ейфель проявлял меньшую приспособленность к резко меняющимся условиям вегетации в области, на что указывает высокое значение показателя стабильности ( $S_i=31,07$ ). В изученной выборке сорт Икорец характеризуется лучшим сочетанием стабильной урожайности и приспособленности к конкретным условиям выращивания.

Экологическая пластичность и адаптивность сорта Икорец подтверждена практическими результатами производственных посевов. В 2022 году сорт Икорец высевался в хозяйствах Воронежской области и в экологическом испытании в ФГБНУ «АНЦ «Донской» Ростовской области. В условиях Воронежской области урожайность составила 4,55 т/га (ООО АПК «Александровское», Панинский район) – 4,64 т/га (ИП Глава КФХ

Скипа С.Е.), в Ростовской области продуктивность была на уровне сорта Формат селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» и составила 6,4 т/га.

Неоднократно отмечалось, что постоянное повышение урожайности в генотипе идет за счет ослабления или потери других признаков, в частности – снижения качества зерна [7]. Для пивоваренного ячменя это особенно актуально. Зерно пивоваренного сорта должно иметь пониженное содержание белка, не больше 12,0% (ГОСТ 5060-86), с высокой массой 1000 зерен (не менее 45,0 г).

По метеорологическим факторам условия Каменной Степи за последнее десятилетие не способствовали получению зерна с высокими пивоваренными характеристиками. Тем не менее, содержание белка и крахмала в зерне сорта Икорец находилось на уровне западных сортов, характеризующихся высокими пивоваренными характеристиками (табл. 7). В среднем за время проведения испытаний содержание белка в зерне нового сорта составляло 11,6% (10,0-12,4%). Более того, формирование этих признаков отличалось низкой пластичностью и высокой стабильностью. Низкую белковость эндосперма сорта Икорец подтвердили опыты по изучению реакции местных сортов на уровень плодородия почв [8]. Даже в засушливых условиях 2018 – 2020 годов, обусловивших формирование высокобелкового зерна, на фоне без применения удобрений у сорта Икорец отмечено наименьшее содержание азота и белка в зерне – 2,07 и 11,9%, в то время как в зерне сорта Приазовский 9 оно было на уровне 2,24 и 12,9% соответственно.

Таблица 7

**Технологические показатели зерна пивоваренных сортов в питомнике экологического испытания, 2017-2022 гг.**

Сорт	Масса 1000 зерен		Стекловидность		Белок		Крахмал	
	г	bi	%	bi	%	bi	%	bi
Икорец	45,4	0,87	21,86	0,56	11,44	0,73	56,3	1,13
Приазовский 9	42,1	0,68	26,16	1,25	12,08	1,38	54,6	0,68
Ейфель	43,9	0,98	16,68	1,68	11,78	0,88	56,3	0,64
Беатрис	41,0	1,03	20,66	0,81	11,76	0,69	54,8	0,9
Зу Сурен	40,68	1,02	11,74	1,29	11,30	0,97	56,02	2,06
Зу Заза	40,5	0,97	12,38	0,74	11,18	0,87	56,0	1,02
Осколец	38,80	1,22	14,89	0,91	11,56	1,59	54,54	0,56
НСР <sub>05</sub>	1,94		6,5		0,31		0,53	

Сорт Икорец формировал высокую массу 1000 зерен, в среднем 45,2 г, что достоверно выше стандарта Приазовский 9. По этому признаку, как и по признаку стекловидности зерна, коэффициент регрессии был меньше 1, то есть сорт формировал крупное зерно в любых условиях выращивания. Стекловидность зерна – параметр, характеризующий плотность укладки крахмальных зерен эндосперма и коррелирует с содержанием белка в зерне в разные годы от средней до сильной степени. Низкостекловидный или мучнистый ячмень характеризуется рыхлым крахмалом эндосперма с высокой гигроскопичностью, лучшими по этому признаку были пивоваренные сорта западной селекции. Показатель стекловидности зерна сорта Икорец был существенно ниже, чем у стандарта Приазовский 9 и оставался практически неизменным по годам, при коэффициенте регрессии 0,56.

#### Заключение

Таким образом, новый перспективный сорт ярового ячменя Икорец характеризуется высокой адаптацией к нестабильному и недостаточному увлажнению периода вегетации в условиях области. Об этом убедительно свидетельствует превышение ее по урожайности стандарта на 1,5-34,6% в контрастных условиях вегетации в период изучения в селекционных питомниках и в экологическом испытании по зоне.

Зерно сорта крупное, с высокой массой 1000 зерен, в среднем 45,2 г. Содержание белка в зерне находится на уровне 10,0-12,4 %, крахмала – 55,2-58,5 %. Сорт отличается высокой стабильностью формирования белка и крахмала по годам. По технологическим показателям зерна новый сорт соответствует стандарту для пивоваренной промышленности (ГОСТ 5060-86). Ценность сорта Икорец – оптимальное сочетание продуктивности, качества зерна, устойчивости к полеганию и засухе.

### Литература

1. Жученко А.А. Роль генетической инженерии в адаптивной системе селекции растений // Сельскохозяйственная биология. – 2003. – № 1. – С. 3-33.
2. Николаев П.Н., Юсова О.А. Стрессоустойчивость сортов ярового ячменя Омской селекции в условиях Западной Сибири // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – 4 (24). – С. 135-142.
3. Баталова Г.А. Состояние и перспективы селекции и возделывания зернофуражных культур в России // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 3. – С. 15-22.
4. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Оценка сортов яровой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности // Доклады РАСХН. – 2013. – № 4. – С.3-6.
5. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – №6. – С. 49-53.
6. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 103-113.
7. Зыкин В.А., Белан И.А., Колмаков Ю.В. Эволюция качества зерна яровой мягкой пшеницы в процессе селекции в условиях Западной Сибири // Доклады РАСХН. – 2003. – № 5. – С.3-5.
8. Новичихин А.М., Чайкин В.В. Урожайность сортов ячменя при различных уровнях минерального питания в сочетании со стимуляторами роста // Агротехнический вестник. – 2022. – № 3. – С. 10-16.

### References

1. Zhuchenko A.A. Rol' geneticheskoi inzhenerii v adaptivnoi sisteme selektsii rastenii [The role of genetic engineering in the adaptive system of plant selection]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2003, no.1, pp. 3-33. (In Russian)
2. Nikolaev P.N., Yusova O.A. Stressoustoichivost' sortov yarovogo yachmenya Omskoi selektsii v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Stress resistance of spring barley varieties of Omsk selection in the conditions of Western Siberia]. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2020, no. 4(24), pp. 135-142. (In Russian)
3. Batalova G.A. Sostoyanie i perspektivy selektsii i vzdelyvaniya zernofurazhnykh kul'tur v Rossii [The state and prospects of breeding and cultivation of grain forage crops in Russia]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2011, no. 3, pp. 15-22. (In Russian)
4. Sapega V.A., Tursumbekova G.SH. Otsenka sortov yarvoi pshenitsy po urozhainosti i parametram adaptivnosti [Assessment of varieties of spring wheat by productivity and adaptability parameters]. *Doklady RASKHN*. 2013, no. 4, pp. 3-6. (In Russian)
5. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ehkologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and environmental stability of grain crops]. *Vestnik RASKHN*. 2005, no.6, pp. 49-53. (In Russian)
6. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Otsenka ehkologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Assessment of environmental plasticity and stability of varieties of agricultural crops]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 1984, no. 4, pp. 103 – 113. (In Russian)
7. Zykin V.A., Belan I.A., Kolmakov YU.V. Ehvol'yutsiya kachestva zerna yarvoi myagkoi pshenitsy v protsesse selektsii v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Evolution of the quality of grain of spring soft wheat during selection in Western Siberia]. *Doklady RASKHN*. 2003, no. 5, pp. 3-5. (In Russian)
8. Novichikhin A.M., Chaikin V.V. Urozhainost' sortov yachmenya pri razlichnykh urovnyakh mineral'nogo pitaniya v sochetanii so stimulyatorami rosta [The yield of barley varieties at various levels of mineral nutrition in combination with growth stimulants]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2022, no.3 , pp. 10–16. (In Russian)

## АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЗОНЫ ЦЧР

**В.А. ВОРОНЦОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Ю.П. СКОРОЧКИН**, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: yskorochkin@mail.ru

**А.В. ШАБАЛКИН**, кандидат экономических наук, E-mail: tniish@mail.ru

**М.К. ДРАЧЁВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: dracheva\_m@mail.ru

ТАМБОВСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ИМЕНИ И.В. МИЧУРИНА», ТАМБОВ

*Цель исследований – изучение влияния различных систем основной обработки почвы на продуктивность и экономическую эффективность зернопропашного, зернопаропропашного и зернопарового севооборотов. Опыты проводили в многолетнем стационаре Тамбовского НИИСХ на чернозёме типичном с содержанием гумуса 6,8...7,0%. Сравнивали четыре системы основной обработки почвы: традиционную отвальную разноглубинную со 100% насыщением вспашкой, ресурсосберегающие: поверхностную (дискование на 10-12 см) и безотвальную разноглубинную; комбинированную отвально-безотвальную (25% отвальная + 75% безотвальная). На фоне обработок под культуры севооборотов применяли удобрения и средства защиты посевов от вредителей, болезней, сорняков. Наибольшая продуктивность гектара пашни в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах отмечена при комбинированной отвально-безотвальной системе основной обработки почвы – 3,41 и 6,21 т/га зерновых единиц, соответственно, при показателях на контроле 3,26 и 6,21 т/га зерновых единиц. В зернопаровом севообороте на фоне комбинированной системы обработки выход зерновых единиц с одного гектара пашни составил 2,78 т, при показателе на контроле 2,79 т/га зерн. ед. По другим вариантам с ресурсосберегающими системами обработки почвы (поверхностной и безотвальной разноглубинной) продуктивность пашни в севооборотах снижалась на 0,29 и 0,14 т/га зерн. ед. – в зернопропашном, на 0,38 и 0,13 т/га – зернопаропропашном и на 0,09 и 0,07 т/га зерн ед. – зернопаровом. В вариантах с комбинированной отвально-безотвальной системой обработки почвы отмечен самый высокий уровень рентабельности производства 1 тонны зерновых единиц (177,8 и 173,3%) в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах и (169,8%) в зернопаровом, что выше контроля на (12,9; 3,3 и 3,2%), соответственно. По поверхностной и безотвальной разноглубинной системам обработки почвы уровень рентабельности снижался, причём в наибольшей мере это проявлялось в варианте с поверхностной системой основной обработки почвы.*

**Ключевые слова:** севооборот, система основной обработки почвы, продуктивность, рентабельность.

**Для цитирования:** Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П., Шабалкин А.В., Драчёва М.К. Агроэкономическая оценка различных систем основной обработки почвы в севооборотах северо-восточной зоны ЦЧР. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):156-162. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-156-162

## AGROECONOMIC ASSESSMENT OF VARIOUS SYSTEMS OF BASIC TILLAGE IN CROP ROTATIONS OF THE NORTH-EASTERN ZONE OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

V.A. Vorontsov, Yu.P. Skorochkin, A.V. Shabalkin, M.K. Dracheva

**Abstract:** *The purpose of the research is to study the influence of various systems of basic tillage on the productivity and economic efficiency of grain-tillage, grain-fallow-tillage and grain-fallow crop rotations. The experiments were carried out in a long-term stationary of the Tambov Research Institute of Agriculture on typical chernozem with a humus content of 6.8...7.0%. Four systems of basic tillage were compared: traditional multi-depth dump with 100% saturation by plowing, resource-saving: surface (disking by 10-12 cm) and non-dump multi-depth; combined dump-non-dump (25% dump + 75% non-dump). Fertilizers and crop protection products from pests, diseases, and weeds were used against the background of treatments for crop rotation crop. The highest productivity of a hectare of arable land in grain-tillage and grain-fallow-tillage crop rotations was noted with a combined dump-free system of basic tillage - 3.41 and 6.21 t/ha of grain units, respectively, with control indicators of 3.26 and 6.21 t/ha of grain units. In the grain-fallow crop rotation against the background of the combined tillage system, the yield of grain units from one hectare of arable land was 2.78 tons, with an indicator of 2.79 tons/ha of grain units at the control. According to other variants with resource-saving tillage systems (surface and non-surface multi-depth), the productivity of arable land in crop rotations decreased by 0.29 and 0.14 t/ha of grain units - in grain-tillage, by 0.38 and 0.13 t/ha - grain-fallow-tillage and by 0.09 and 0.07 t/ha of grain units – grain fallow. In the variants with a combined dump-free tillage system, the highest level of profitability of production of 1 ton of grain units (177.8 and 173.3%) was noted in the grain-tillage and grain-fallow-tillage crop rotations and (169.8%) in the grain-fallow, which is higher than the control by (12.9; 3.3 and 3.2%), respectively. For surface and non-surface multi-depth tillage systems, the level of profitability decreased, and this was most evident in the variant with a surface system of basic tillage.*

**Keywords:** crop rotation, basic tillage system, productivity, profitability.

**Введение.** Основой успешного ведения земледелия служит севооборот, обеспечивающий получение устойчивых урожаев полевых культур, высокой продуктивности пашни и сохранение почвенного плодородия [1, 2]. В севообороте применяют различные системы обработки почвы с оборотом пласта и без оборота, а также их сочетание, направленное на снижение производственных затрат в технологических комплексах возделывания сельскохозяйственных культур. От способа и системы основной обработки почвы зависят не только продуктивность культур и выход продукции с гектара пашни, но и экономическая эффективность производства продукции [3, 4, 5].

Выбор той или иной системы основной обработки почвы зависит от её агрофизического состояния и от требования возделываемых культур [6, 7, 8].

Проблемы сохранения плодородия чернозёмов, ресурсосбережения и адаптивности различных систем основной обработки почвы, в конкретных условиях, под конкретные культуры в севооборотах остаются дискуссионными [9, 10, 11]. Многочисленные исследования свидетельствуют о снижении продуктивности пашни и ухудшении экономических показателей производства продукции как при повышении интенсивности обработки почвы, так и чрезмерной минимизации [12, 13, 14, 15].

#### **Материалы и методы**

**Цель исследований** – изучить влияние различных систем основной обработки почвы на продуктивность и экономическую эффективность различных типов севооборотов в условиях северо-востока ЦЧР.

Для достижения поставленной цели в 1989 году был заложен стационарный полевой опыт на опытном поле Тамбовского НИИСХ. Исследования проводили в четырёхпольных севооборотах: 1989-2000 годах – зернопропашном севообороте (горох – озимая пшеница – кукуруза – ячмень); 2001-2011 – зернопаропропашном севообороте (чёрный пар – озимая

пшеница – сахарная свёкла – ячмень); 2013-2020 годах – зернопаровом севообороте с чередованием культур – чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень.

Почва опытного участка – чернозём типичный мощный тяжёлосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном (0-30 см) слое почвы составляло 6,8-7,0 %, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – более 170 и 150 мг/кг, соответственно, реакция среды – близкая к нейтральной (рН<sub>сол.</sub> – 6,15).

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов системы основной обработки почвы:

1. традиционная отвальная разноглубинная на глубину 20-22 см под озимую пшеницу, горох и ячмень, на 25-27 см под кукурузу и сою, на 27-30 см под сахарную свёклу;
2. бессменная поверхностная (дискование на 10-12 см) под все культуры севооборотов;
3. бессменная безотвальная разноглубинная – на глубину 20-22 см под озимую пшеницу, горох и ячмень, на 25-27 см – под кукурузу и сою и на 27-30 см – под сахарную свёклу;
4. комбинированная отвально-безотвальная (25% отвальная – под кукурузу, сахарную свёклу и сою + 75% безотвальная – под озимую пшеницу, ячмень и горох).

Исследования проводили на удобренном фоне, составляющим: в зернопропашном севообороте на 1 га пашни – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, в том числе под каждую культуру (горох, озимую пшеницу, кукурузу и ячмень) по N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; в зернопаропропашном – N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>, в том числе под озимую пшеницу и ячмень по N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, под сахарную свёклу – N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>; в зернопаровом – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг д.в., в том числе под каждую культуру севооборота (озимую пшеницу, сою и ячмень) по N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. В качестве удобрений использовали азофоску 16 : 16 : 16, которые вносили вручную (вразброс) на посевную площадь делянки.

Система защиты состояла из протравливания семян + фунгициды, инсектициды и гербициды по вегетации культур севооборотов.

Повторность в опыте трёхкратная с последовательным размещением вариантов. Площадь делянки: посевная – 374 м<sup>2</sup> (52 м на 7,0 м), учётная – 230 м<sup>2</sup> (46 м на 5,0 м).

Агротехника выращивания культур в опыте – общепринятая для зоны исследований, за исключением изучаемых вариантов основной обработки почвы.

Сумма осадков за май-август при норме 204 мм, в годы исследований изменялась от 102 до 424 мм, среднесуточная температура воздуха – от 14,7 до 21,7°С, ГТК (по Селянинову) – от 0,40 до 1,54, при среднемноголетней его величине 1,00.

#### **Результаты исследований**

Исследования показали, что изучаемые системы основной обработки почвы в севооборотах оказывали неодинаковое влияние на влагообеспеченность почвы, физико-химические параметры, фитосанитарное состояние полевых культур, что соответствующим образом отразилось на продуктивности гектара пашни в севооборотах (табл. 1).

Сравнивая между собой продуктивность севооборотов, следует отметить, что преимущество по выходу продукции с гектара пашни имели севообороты с наличием пропашных культур, в зернопропашном – кукурузы, в зернопаропропашном – сахарной свёклы. При этом наиболее высокий показатель продуктивности был сформирован в зернопаропропашном севообороте. Выход зерновых единиц в этом севообороте по вариантам основной обработки почвы варьировал в пределах 5,83-6,33 т/га. Самая низкая продуктивность гектара пашни отмечалась в зернопаровом севообороте – 2,70-2,79 т/га зерн. ед.

Применение агротехнологических комплексов возделывания культур в севооборотах, основанных на поверхностной обработке почвы (дискование на 10-12 см) под все культуры вызывало значительное снижение продуктивности пашни. При этом наиболее существенное снижение выхода продукции с одного га пашни наблюдалось в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах – 0,29 и 0,38 т/га зерн. ед., по сравнению с традиционной отвальной разноглубинной системой основной обработки почвы.

Таблица 1

**Продуктивность севооборотов при различных системах основной обработки почвы**

Системы основной обработки почвы	Севооборот					
	Зернопропашной (1989-2000 гг)		Зернопаропропашной (2001-2011 гг)		Зернопаровой (2013-2020 гг)	
	Выход зерн. ед. с 1га пашни, т	Отклонения от контроля +/- т/га	Выход зерн. ед. с 1га пашни, т	Отклонения от контроля +/- т/га	Выход зерн. ед. с 1 га пашни, т	Отклонения от контроля +/- т/га
Традиционная отвальная разноглубинная (контроль)	3,26	–	6,21	–	2,79	–
Поверхностная (дискование на 10-12 см)	2,97	-0,29	5,83	-0,38	2,70	-0,09
Безотвальная разноглубинная	3,12	-0,14	6,08	-0,13	2,72	-0,07
Комбинированная (отвально-безотвальная)	3,41	0,15	6,33	0,12	2,78	-0,01

Обусловлено это отрицательной реакцией пропашных культур (кукурузы и сахарной свёклы) в этих севооборотах на поверхностную обработку почвы, по которой урожайность этих культур снижалась на 4,1 и 5,0 т/га, что и приводило к снижению продуктивности севооборотов в целом.

Использование в технологиях безотвальной разноглубинной системы обработки почвы также приводило к снижению продуктивности севооборотов, но несколько меньшей степени, на 0,14 и 0,15 т/га зерн. ед.

В зернопаровом севообороте с чередованием культур – чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень, в отличие от зернопропашного и зернопаропропашного севооборотов, замена в технологиях возделывания культур традиционной отвальной разноглубинной обработки почвы на ресурсосберегающие системы обработки (поверхностную и безотвальную разноглубинную) существенно не повлияла на продуктивность севооборота, которая по вариантам опыта варьировала в пределах 2,70-2,79 т/га зерн. ед., что всего лишь на 0,09 и 0,07 т/га меньше по сравнению с традиционной отвальной разноглубинной системой.

В зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах наилучших результатов по продуктивности пашни удалось достичь с использованием технологий возделывания культур на основе комбинированной отвально-безотвальной системы основной обработки почвы, где чередуется вспашка под пропашные культуры с безотвальной обработкой под зерновые и зернобобовые культуры. Применение таких технологий обеспечило прибавку продуктивности севооборотов на уровне 0,12-0,15 т/га зерн. ед. по сравнению с традиционной отвальной системой основной обработки почвы.

В зернопаровом севообороте технологии, основанные на комбинированной системе основной обработки почвы, способствовали формированию продуктивности севооборота на уровне контроля с традиционной отвальной системой обработки – 2,78 т/га зерн. ед., при показателе на контроле – 2,79 т/га зерн. ед.

Исучаемые в севооборотах системы основной обработки почвы при возделывании культур оказывали определённое влияние на уровень рентабельности, который по вариантам заметно различался (табл. 2).

**Экономическая эффективность полевых севооборотов в зависимости от систем основной обработки почвы**

Системы основной обработки почвы	Севооборот					
	Зернопропашной (1989-2000 гг)		Зернопаропропашной (2001-2011 гг)		Зернопаровой (2013-2020 гг)	
	Рентабельность %	Отклонения от контроля +,- %	Рентабельность %	Отклонения от контроля +,- %	Рентабельность %	Отклонения от контроля +,- %
Традиционная отвальная разноглубинная (контроль)	164,9	–	170,0	–	166,6	–
Поверхностная (дискование на 10-12 см)	142,3	-22,6	152,8	-17,2	167,0	0,4
Безотвальная разноглубинная	154,3	-10,6	160,0	-10,0	165,4	-1,2
Комбинированная (отвально-безотвальная)	177,8	12,9	173,3	3,3	169,8	3,2

Наиболее высокий уровень рентабельности в зернопропашном севообороте получен в технологии, на основе комбинированной отвально-безотвальной системы обработки почвы – 177,8%, что выше контроля на 12,9%.

В зернопаропропашном и зернопаровом севооборотах, на фоне комбинированной обработки почвы, рентабельность производства одной тонны зерн. ед. – 173,3 и 169,8%, что выше контроля на 3,3 и 3,2%.

Использование технологий, основанных на ресурсосберегающих системах основной обработки почвы (поверхностной и безотвальной разноглубинной) в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах приводило к снижению уровня рентабельности на 22,6 и 10,6% и 17,2 и 10,0%, соответственно вариантам основной обработки почвы. В зернопаровом севообороте применение данных технологий заметного влияния на уровень рентабельности не оказывало. Разница с контролем к повышению или снижению находилась на уровне тенденций.

**Заключение**

Таким образом, в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах наибольшая продуктивность гектара пашни получена в вариантах с комбинированной отвально-безотвальной системой основной обработки почвы. В зернопаровом севообороте продуктивность пашни по комбинированной отвально-безотвальной обработке находилась на уровне контроля с традиционной отвальной разноглубинной системой. При использовании менее затратных зяблевых обработок в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах, продуктивность гектара пашни снижалась, особенно при поверхностной (дискование на 10-12 см) системе. В зернопаровом севообороте по ресурсосберегающим системам обработки отмечалась всего лишь тенденция к снижению продуктивности пашни. Более высокий уровень рентабельности производства одной тонны зерновых единиц в севооборотах обеспечивала комбинированная отвально-безотвальная система основной обработки почвы, при которой проводили вспашку под кукурузу, сахарную свёклу и сою, а безотвальную обработку – под горох, ячмень и озимую пшеницу. Экономически наименее выгодными были технологии возделывания полевых культур с ресурсосберегающими системами основной обработки почвы, особенно в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах – поверхностной (дискование на 10-12 см) и безотвальной разноглубинной на 25-30 см под пропашные культуры и сою, на 20-22 см под зернобобовые и зерновые культуры.



### Литература

1. Фёдоров В.А., Скорочкин Ю.П., Вислобокова Л.Н., Воронцов В.А., Брюхова З.Я., Фролова Р.И. Севооборот – основа земледелия. – Тамбов: ОАО «Тамбовполиграфиздат», – 2008. – 100 с.
2. Лошаков В.Г. Севооборот и другие биологические факторы воспроизводства плодородия почвы. Системы использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии. / Владимир: «Агронаучсервис», – 2013. Т. 1. – С. 148-159.
3. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Экономические аспекты минимизации основной обработки почвы. //Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 18-20.
4. 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.
5. Турусов В.И., Гармашов В.М., Дронова И.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.
6. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследования. //Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 3-6.
7. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А. Перспективы технологий No-till в Сибири. //Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 16-19.
8. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации. //Земледелие. – 2017. – № 2. – С.10-14.
9. Трофимова Т.А. Обработка чернозёмов: анализ и перспективы развития. //Германия: LAP Lambert Academic Publishing. – 2014. – 311 с.
10. Сабитов М.М. Экономическая эффективность возделывания культур в зернопаровом севообороте. //Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т.35. – № 2. – С. 13-18. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10202.
11. Черкасов Г.Н., Дубовик Д.В., Шутов Е.В. и др. Способ основной обработки почвы, урожай и качество зерна. //Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 18-19.
12. Victor Vorontsov, Yuri Skorochkin, Olga Ivanova, Alexey Shabalkin, and Elena Dudova. Computation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations //J. Comput. Theor. Nanosci. 16, 250–254 (2019).
13. Боронтов О.К., Косякин П.А., Елфимов М.Н. и др. Эффективность основной обработки почвы под сахарную свёклу в ЦЧЗ. //Земледелие. – 2013. – № 4. – С. 20-23.
14. 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.
15. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. //Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1130-1139. DOI:10.1134/S0032180X19070062.

### References

1. Fedorov V.A., Skorochkin Yu.P., Vislobokova L.N., Vorontsov V.A., Bryukhova Z.Ya., Frolova R.I. Sevooborot – osnova zemledeliya [Crop rotation is the basis of agriculture]. Tambov: ОАО «Tambovpoligrafizdat» Publ., 2008, 100 p. (In Russian)
2. Loshakov V.G. Sevooborot i drugie biologicheskie faktory vosproizvodstva plodorodiya pochvy. Sistemy ispol'zovaniya organicheskikh udobrenii i vozobnovlyaemykh resursov v landshaftnom zemledelii [Crop rotation and other biological factors of soil fertility reproduction. Systems for the use of organic fertilizers and renewable resources in landscape farming]. V.1. Vladimir: «Agronauchservis» Publ., 2013, pp. 148-159. (In Russian)
3. Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Iodko L.N. Ekonomicheskie aspekty minimizatsii osnovnoi obrabotki pochvy [Economic aspects of minimizing the main tillage]. *Zemledelie*, 2006, no. 4, pp. 18-20. (In Russian)

4. Sabitov M.M., Sharipova R.B. Effektivnost' sposobov obrabotki pochvy i sredstv khimizatsii v zernoparovom sevooborote [Efficiency of soil tillage methods and chemicalization means in grain-fallow crop rotation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015, V. 29, no. 10, pp. 31-34. (In Russian)
5. Turusov V.I., Garmashov V.M., Dronova I.V. Effektivnost' sistem obrabotki pochvy i sredstv intensivatsii pri vozdelevanii ozimoi pshenitsy v usloviyakh TsChZ [Efficiency of tillage systems and means of intensification in the cultivation of winter wheat in the conditions of the CCR]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015, V. 29, no. 7, pp. 68-70. (In Russian)
6. Kiryushin V.I. Problema minimalizatsii obrabotki pochvy: perspektivy razvitiya i zadachi issledovaniya [The problem of minimizing tillage: development prospects and research objectives]. *Zemledelie*, 2013, no. 7, pp. 3-6. (In Russian)
7. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Korotkikh N.A. Perspektivy tekhnologii No-till v Sibiri [Prospects for No-till technologies in Siberia]. *Zemledelie*, 2014, no. 1, pp. 16-19. (In Russian)
8. Cherkasov G.N., Pykhtin I.G., Gostev A.V. Areal primeneniya nulevykh i poverkhnostnykh obrabotok pri vozdelevanii kolosovykh kul'tur na territorii Evropeiskoi chasti Rossiiskoi Federatsii [The area of application of zero and surface tillage in the cultivation of spiked crops in the territory of the European part of the Russian Federation]. *Zemledelie*, 2017, no. 2, pp.10-14. (In Russian)
9. Trofimova T.A. Obrabotka chernozemov: analiz i perspektivy razvitiya [Chernozem tillage: analysis and development prospects]. Germaniya: LAP Lambert Academic Publishing, 2014, 311 p. (In Russian)
10. Sabitov M.M. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdelevaniya kul'tur v zernoparovom sevooborote [Economic efficiency of crop cultivation in grain-fallow crop rotation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021, V. 35, no. 2, pp. 13-18. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10202. (In Russian)
11. Cherkasov G.N., Dubovik D.V., Shutov E.V. et al. Sposob osnovnoi obrabotki pochvy, urozhai i kachestvo zerna [Method of basic tillage, yield and grain quality]. *Zemledelie*, 2011, no. 5, pp. 18-19. (In Russian)
12. Victor Vorontsov, Yuri Skorochkin, Olga Ivanova, Alexey Shabalkin, and Elena Dudova. Computation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations. *J. Comput. Theor. Nanosci.* 16, 250-254 (2019).
13. Borontov O.K., Kosyakin P.A., Elfimov M.N. et al. Effektivnost' osnovnoi obrabotki pochvy pod sakharnuyu sveklu v TsChZ [Efficiency of the main tillage for sugar beet in the CCR]. *Zemledelie*, 2013, no. 4, pp. 20-23. (In Russian)
14. Vorontsov V.A. Kontsepsiya tekhnologii osnovnoi obrabotki chernozemnykh pochv na osnove energo-i resursosberegayushchikh priemov v severo-vostochnom regione Tsentral'nogo Chernozem'ya [The concept of technology for the main cultivation of chernozem soils based on energy and resource-saving methods in the northeastern region of the Central Chernozem region]. Tambov: Print-servis, 2018, 74 p. (In Russian)
15. Kiryushin V.I. Upravlenie plodorodiem pochv i produktivnost'yu agrotsenozov v adaptivno-landshaftnykh sistemakh zemledeliya [Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems]. *Pochvovedenie*, 2019, no. 9, pp. 1130-1139. DOI:10.1134/S0032180X19070062. (In Russian)