

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 3 (43), 2022 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

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

Зеленов Андрей Анатольевич, к. с.-х. наук

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

Крефт Иван, академик, Словения

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

Ушаев 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.**

Фотомаериал **Черненький В.А.**

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

**Свидетельство о регистрации
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.1
тел.:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbk@mail.ru
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 21.09.2022 г.

Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»

Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 3 (43), 2022

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.)*

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

Zelenov, Andrei A. – *FSBSI FSC LGC, Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Agric.)*

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

Kreft, Ivan – *University of Ljubljana, Slovenia, Professor, Academician, Slovenian Academy of Sciences and Arts, Dr. Sci., Dr. h.c.*

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*

Serekpae, 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
Registration certificate
ИИ №ФС77-77939,
dated 19.02 2020

The journal is included by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the List of peer-reviewed scientific publications, 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**,
jurnalzbn@mail.ru
Site: **<https://vniizbk.ru>**

Date of publication: 21.09.2022

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Развитие селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур в условиях импортозамещения	5
Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н., Хуснутдинова А.Т., Абросимова Т.Н. Влияние густоты посева на формирование продуктивности сортов гороха в зависимости от типа боба	12
Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Латынцева Е.В. Эффективность применения экологически безопасных препаратов для предпосевной обработки семян гороха	20
Волобуева О.Г. Повышение эффективности бобово-ризобияльного симбиоза при участии биопрепарата и регуляторов роста	26
Лебкова О.А. Параметры экологической пластичности фасоли обыкновенной зернового типа в условиях Орловской области	33
Блинник А.С., Демидова А.Г., Лукашевич М.И., Артемова О.Ю., Наумкин В.Н., Наумкина Л.А. Сравнительное испытание сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина в Центрально-Чернозёмном регионе	41
Фесенко Н.Н., Фесенко И.Н. Генетический контроль гомостилии цветка двух линий автогамного вида <i>Fagopyrum homotropicum</i> Ohnishi	50
Хамокова И.М. Просо: состояние изученности некоторых элементов технологии (обзор) .	57
Ляшков И.В., Бирюков К.Н., Грабовец А.И., Коваленко С.А. Агроэкологическая оценка применения некорневых подкормок на яровой пшенице в условиях меняющегося климата .	66
Вилунов С.Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальцев А.А. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы	73
Павловская Н.Е., Зубарева К. Ю., Прудникова Е.Г., Агеева Н.Ю. Влияние химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы	84
Резвякова С.В., Еремин Л.П., Таракин А.В., Догадина М.А., Конеева О.А. Биологизированная технология возделывания озимой пшеницы	94
Ершова Л.А., Голова Т.Г. Оценка метода выявления адаптивных к неблагоприятным факторам среды линий ярового ячменя	100
Андреев А.А., Драчева М.К., Кутепова И.А. Анализ линий и сортов озимой тритикале по адаптивным признакам	109
Радовня В.А. Влияние предшественников и обработки почвы на продуктивность подсолнечника в условиях дерново-подзолистых почв	114
Хмызова Н.Г., Грядунова Н.В. Научные достижения ФНЦ ЗБК на Международной агропромышленной выставке – ярмарке «Агрорусь»	123

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No.3 (43), 2022

Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. Development of breeding and seed production of cereals, leguminous and groat crops in the context of import substitution	5
Shurkhaeva K.D., Fadeeva A.N., Khusnutdinova A.T., Abrosimova T.N. The influence of sowing density on the formation of productivity of pea varieties depending on the type of bean...	12
Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V. The effectiveness of the use of environmentally friendly preparations for pre-sowing treatment of pea seeds	20
Volobueva O.G. Improving the efficiency of legume-rhizobium symbiosis with the participation of a biological product and growth regulators	26
Lebkova O.A. Ecological plasticity parameters of the common bean grain type in the conditions of the Orel region	33
Blinnik A.S., Demidova A.G., Lukashevich M.I., Artemova O.Yu., Naumkin N.V., Naumkina L.A. Comparative testing of varieties and samples of white lupine breeding by the Lupine Research Institute in the Central Chernozem region	41
Fesenko N.N., Fesenko I.N. Genetic control of flower homostyly of two accessions of the autogamous species <i>Fagopyrum homotropicum</i> Ohnishi	50
Khamokova I.M. Millet: the state of study of some elements of technology (review)	57
Lyashkov I.V., Biryukov K.N., Grabovets A.I., Kovalenko S.A. Agroecological assessment of the use of foliar fertilizing on spring wheat in a changing climate	66
Vilyunov S.D., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Mal'tsev A.A. Application of vegetation indices in winter soft wheat breeding	73
Pavlovskaya N.E., Zubareva K. Yu., Prudnikova E.G., Ageeva N.Yu. The effect of chemical and biological preparations on the moisture and sugar content in winter wheat leaves	84
Rezyyakova S.V., Eremin L.P., Tarakin A.V., Dogadina M.A., Koneeva O.A. Biological technology of winter wheat cultivation	94
Ershova L.A., Golova T.G. Evaluation of the method for detecting spring barley lines adaptive to adverse environmental factors	100
Andreev A.A., Dracheva M.K., Kutepova I.A. Analysis of lines and varieties of winter triticale by adaptive traits	109
Radovnya V.A. Influence of predecessors and tillage on sunflower productivity in soddy-podzolic soils	114
Khmyzova N.G., Gryadunova N.V. Scientific achievements of the FSC of Legumes and Groat Crops at the International agro-industrial exhibition – fair «Agrorus»	123

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА ЗЕРНОВЫХ, ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Н.В. ГРЯДУНОВА, кандидат биологических наук
Н.Г. ХМЫЗОВА, ORCID ID 0000-0001-7125-6976

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

*В Орловской области с 27 по 30 июня проходил аграрный форум «Аграрная неделя Орловской области – 2022», в рамках которого состоялись мероприятия: **Международная научная конференция «Развитие селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур в условиях импортозамещения»; День поля, ярмарка сортов и гибридов на Шатиловской СХОС «Создание высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур с повышенными показателями качества, адаптированных к условиям изменяющегося климата»; открытие селекционного и семеноводческого центра по зерновым культурам и сое ООО НПО «Бетагран-Семена» и Агрофорум «Betareh-2022» АО «Щёлково Агрохим».***

Организаторы форума – Министерство науки и высшего образования РФ, МСХ РФ, Российская академия наук, Правительство Орловской области, ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур», АО «Щёлково Агрохим».

В проведенных мероприятиях приняли участие свыше 3000 человек, в том числе: академики РАН Лачуга Ю.Ф. и Каракотов С.Д., члены-корреспонденты РАН Зотиков В.И., Медведев А.М., Прянишников А.И., губернатор Орловской области Клычков А.Е., член Совета Федерации Федерального Собрания РФ Иконников В.Н., председатель Орловского облсовета народных депутатов Музалевский Л.С., зам. председателя Правительства по развитию агропромышленного комплекса Борзёнов С.П., руководитель Департамента сельского хозяйства А.И. Шалимов, руководители и специалисты федеральных и региональных органов управления АПК; учёные из научно-исследовательских учреждений и учебных вузов России, Беларуси, представители агрохолдингов, инвестиционных компаний, фермерских хозяйств, бизнеса и средств массовых информационных.

Для цитирования: Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Развитие селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур в условиях импортозамещения. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 3(43):5-11. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-5-11

DEVELOPMENT OF BREEDING AND SEED PRODUCTION OF CEREALS, LEGUMINOUS AND GROAT CROPS IN THE CONTEXT OF IMPORT SUBSTITUTION

N.V. Gryadunova, N.G. Khmyzova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In the Oryol region, from June 27 to 30, the agrarian forum «Agrarian Week of the Oryol Region – 2022» was held, within the framework of which the following events were held: International Scientific Conference «Development of breeding and seed production of cereals, leguminous and groat crops in the context of import substitution»; Field Day, Fair of Varieties and*

Hybrids at the Shatilovskaya agricultural experimental farm «Creation of highly productive varieties of agricultural crops with increased quality indicators, adapted to the conditions of a changing climate»; opening of a breeding and seed-growing center for grain crops and soybeans of LLC NPO «Betagran-Semena» and Agroforum Betaren-2022 of JSC «Schelkovo Agrokhim».

The forum organizers are the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, the Russian Academy of Sciences, the Government of the Orel Region, FSBSI «Federal scientific center of legumes and groat crops», JSC «Schelkovo Agrokhim».

More than 3,000 people took part in the events, including: Academicians of the Russian Academy of Sciences Lachuga Yu.F. and Karakotov S.D., Corresponding Members of the Russian Academy of Sciences Zotikov V.I., Medvedev A.M., Pryanishnikov A.I., Governor of the Oryol Region Klychkov A.E., Member of the Council of the Federation of the Federal Assembly of the Russian Federation Ikonnikov V.N., Chairman of the Oryol Regional Council of People's Deputies Muzalevsky L.S., Deputy Chairman of the Government for the Development of the Agro-Industrial Complex Borzenkov S.P., Head of the Department of Agriculture A.I. Shalimov, heads and specialists of federal and regional management bodies of the agro-industrial complex; scientists from research institutions and educational universities in Russia, Belarus, representatives of agricultural holdings, investment companies, farms, business and the media.

Международная научная конференция

В соответствии с планами мероприятий Министерства науки и высшего образования РФ, Российской академии наук ФНЦ зернобобовых и крупяных культур организовал и провёл Международную научную конференцию, программа которой предусматривала широкое обсуждение вопросов, связанных с современными достижениями и перспективными направлениями в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур в России в условиях импортозамещения.

В конференции приняли участие учёные из различных научных организаций России, Беларуси, среди них: ФИЦ «Немчиновка», Воронежский ФАНЦ имени им. В.В. Докучаева, Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского НЦ РАН, Верхневолжский ФАНЦ (г. Владимир), Курский ФАНЦ, ФНАЦ «ВИМ», Институт цитологии и генетики Сибирского Отделения РАН, Башкирский НИИСХ, ВНИИСПК (г. Орёл), Ульяновский НИИСХ, Тульский НИИСХ, Тамбовский НИИСХ, Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси, Витебский зональный институт растениеводства НАН Беларуси, представители высших учебных заведений – Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина, Орловского ГУ имени И.С.Тургенева, Брянского ГАУ, Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина.

Участников конференции тепло приветствовал заместитель председателя правительства Орловской области по развитию АПК Сергей Петрович Борзёнков.

Проблеме повышения конкурентоспособности новых селекционных достижений по зернобобовым и крупяным культурам с учётом рыночных вызовов был посвящён доклад Андрея Александровича Полухина – директора ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, доктора экономических наук, профессора РАН. В докладе подчёркивалось, что в решении задач развития сельскохозяйственного производства, связанных с устойчивым ростом продуктивности и улучшения качества зерна, центральное место занимает широкое использование новых сортов и гибридов отечественной селекции на основе организации первичного семеноводства. Особое внимание, при этом уделяется проблеме повышения качества продукции, разработке систем защиты растений в современных технологиях возделывания. Обстоятельно отражены результаты современных достижений отечественной селекции по зерновым, зернобобовым и крупяным культурам в научных учреждениях России, в том числе в ФНЦ ЗБК, обозначены перспективные направления развития селекции с учётом дальнейшего решения стратегических задач по импортозамещению и обеспечению продовольственной безопасности страны.



Приветствие участников конференции – А. А. Полухин, д. экон. наук, профессор РАН

Основные направления работы по научному обеспечению АПК Республики Беларусь были изложены в докладе Сергея Николаевича Шевчик – директора Института растениеводства НАН Беларуси. Перспективам развития генетической защиты растений был посвящён доклад Елены Артёмовны Салиной – доктора биологических наук, профессора Института генетики и цитологии Сибирского Отделения РАН. В докладе Сергея Николаевича Немцева – директора Ульяновского НИИСХ доктора сельскохозяйственных наук дан анализ состояния и перспективам развития селекции и семеноводства зерновых и зернобобовых культур в Ульяновском НИИСХ. Дмитрий Вячеславович Дубовик – первый заместитель директора Курского ФАНЦ доктор сельскохозяйственных наук в своём выступлении основное внимание сосредоточил на вопросах минимизации обработки почвы в условиях Курской области. Изучению исходного материала проса посевного был посвящён доклад Ларисы Хасеновны Сокуровой – кандидата сельскохозяйственных наук Кабардино-Балкарского НЦ РАН. О системе защитных механизмов растений сои в связи с адаптацией к контрастным погодным условиям был доклад Екатерины Владиславовны Головиной – доктора сельскохозяйственных наук главного научного сотрудника ФНЦ ЗБК. О перспективах развития научно-исследовательской деятельности ФНЦ ЗБК выступила Вероника Игоревна Панарина – заместитель директора по научной работе, кандидат сельскохозяйственных наук. По результатам изучения сортообразцов коллекции озимой тритикале в связи с созданием новых более совершенных сортов был доклад Анатолия Михайловича Медведева – члена-корреспондента РАН главного научного сотрудника ФИЦ «Немчиновка».

Во второй половине дня участники конференции осмотрели научные опыты и селекционно-семеноводческие посевы в ФНЦ ЗБК. С новыми селекционными достижениями и перспективами научных исследований по зернобобовым и крупяным культурам в центре участников конференции ознакомил Владимир Иванович Зотиков – научный руководитель ФНЦ ЗБК, член-корреспондент РАН. Осмотр представленных деленок сопровождался комментариями ученых центра, авторов сортов, которые отмечали преимущества и достоинства созданных сортов, знакомили участников с перспективными направлениями селекционной работы. С большим интересом были выслушаны выступления кандидатов сельскохозяйственных наук В.И. Панариной – руководителя селекционно-семеноводческого центра сои, В.С. Сидоренко – зав. лабораторией селекции зерновых крупяных культур, З.Р. Цукановой – зав. лабораторией семеноведения и первичного семеноводства, М.П. Мирошниковой – зав. лабораторией селекции зернобобовых культур, А.М. Задорина – ведущего научного сотрудника лаборатории селекции зернобобовых культур, Г.Н.

Суворовой – зав. лабораторией генетики и биотехнологии, С.В. Бобкова – зав. лабораторией биохимии и физиологии растений, Г.А. Будариной – зав. лабораторией агротехнологий и защиты растений, К.Ю. Зубаревой – зав. лабораторией управления вегетацией и продукционным процессом, кандидата биологических наук, А.Н. Фесенко – доктора биологических наук заведующего лабораторией селекции гречихи, доктора с.-х. наук Е.В. Головиной – главного научного сотрудника селекционно- семеноводческого центра сои.



Опыты комментирует В.С. Сидоренко, кандидат с.-х. наук, ФНЦ ЗБК

День поля, ярмарка сортов и гибридов на Шатиловской СХОС

В рамках «Аграрной недели – 2022» на базе Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур 29 июня проведён научно – методический семинар День поля, Ярмарка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур.

Среди участников мероприятия научные и учебные организации – ФНЦ ЗБК, ВНИИСПК, ФГБОУ ВО ОГАУ имени Н.В. Парахина, а также АПХ «Мираторг», АО «Щёлково Агрохим», ООО АПК «Агро Бизнес Альянс», ООО «Бизнес Гарант», ООО «Росагролизинг», ООО «Евромаш», АО «Россельхозбанк», «Орёл-АККОР», ФГБУ «Госсорткомиссия», ООО «Технодом», ООО АПК «Агро бизнес альянс» и многие другие.

Программа Дня поля предусматривала: осмотр опытных посевов сельскохозяйственных культур; осмотр экспозиции научных и учебных организаций; поставщиков сельскохозяйственной техники, минеральных удобрений, средств защиты растений; демонстрация 60 единиц современной сельскохозяйственной техники крупнейших заводо-изготовителей с показом её работы в динамике; мастер-класс по работе с КРС от АПХ «Мираторг».

В торжественном открытии мероприятия участвовали: губернатор Орловской области А.Е. Клычков, член Совета Федерации Федерального Собрания РФ В.Н. Иконников, председатель областного совета Л.С. Музалевский, зам. председателя правительства Орловской области по развитию АПК С.П. Борзёнков, академик-секретарь Отделения растениеводства РАН академик РАН Ю.Ф. Лачуга, генеральный директор АО «Щёлково Агрохим» академик РАН С.Д. Каракотов.



Выступает А.А. Клычков – Губернатор Орловской области

Открывая День поля, губернатор Андрей Евгеньевич Клычков подчеркнул, что успехи регионального АПК обеспечены многими факторами, но важное место среди них занимают достижения учёных-агров. И не случайно, из года в год к орловскому Дню поля приковано пристальное внимание учёных, практиков, представителей бизнеса. Глава региона особо отметил, что традиционные для Орловщины День поля и Ярмарка сортов, проводимые на базе Шатиловской СХОС, стали настоящей выставкой достижений российских учёных, наглядным результатом того, как надо трудиться, чтобы союз науки, производства и государственной поддержки дал максимальную отдачу в виде отличных урожаев. Ставший традиционным День поля и Ярмарка сортов полевых культур на Шатиловской СХОС являются эффективной площадкой интеграции теории и практики, которая позволяет решать многие проблемы АПК и свидетельствуют об огромных потенциальных возможностях научных учреждений страны. Многолетний практический опыт земледельцев, собранный специалистами опытной станции, и обширные научные исследования, стали основой современной науки в области селекции и семеноводства. Программа проведения Дня поля предусматривает широкое профессиональное обсуждение важных вопросов развития селекции и семеноводства в современных условиях, обмен опытом, практическую демонстрацию селекционных достижений, продуктивное взаимодействие науки и бизнеса. Он пожелал всем участникам Аграрной недели интересной и плодотворной работы, взаимовыгодного сотрудничества, новых высоких урожаев, успехов в реализации всех намеченных планов!

Приветствуя участников Форума Сергей Петрович Борзёнков – зам губернатора области сказал: «Наша сегодняшняя задача – активизировать работу по внедрению прогрессивных технологий в АПК, инновационных достижений селекции и генетики, расширению степени цифровизации сельского хозяйства, импортозамещению семян, удобрений, средств защиты растений, сельскохозяйственной продукции».

Академик РАН Юрий Фёдорович Лачуга, поздравляя представительный коллектив участников Дня поля, вспомнил и достижения выдающихся основателей Шатиловской опытной станции, учёных, плодотворно трудившихся здесь на протяжении многих лет. «Самой ценной характеристикой Шатиловки всегда была преемственность, замечательные традиции, постоянный поиск» – сказал Юрий Фёдорович. Он отметил, что на Шатиловской СХОС и сегодня продолжаются успешные исследования по широкому кругу научных проблем.



Выступает академик РАН – Ю.Ф. Лачуга

В рамках Программы Дня поля были вручены Почетные грамоты и другие награды большой группе специалистов, учёных, производителей.

Руководитель ФНЦ ЗБК А.А. Полухин, знакомя многочисленных участников научно-методического семинара с опытными делянками сортов экологического сортоиспытания отметил, что в этом году на Шатиловской СХОС высеяно около 400 сортов и гибридов 24 сельскохозяйственных культур из 27 учреждений и организаций России и зарубежья. Андрей Александрович напомнил собравшимся, что история зарождения Дня поля на Шатиловской СХОС началась в далёком 1998 году. Академик РАН Александр Александрович Жученко определил станцию, как наиболее подходящую по почвенно-климатическим условиям точку для экологического испытания самых разнообразных полевых культур. 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 другие представители научных организаций. А.А. Полухин подчеркнул, что за всё это время совершенствовались организационные формы и методические подходы в подготовке и проведении этого научного форума. Иногда День поля проходил в рамках Первого съезда селекционеров (2001), заседания Президиума РАСХН, РАН (2002, 2009, 2013 гг.), международного симпозиума по гречихе (2010), Шатиловских чтений (2011), юбилейных конференций, посвящённых возрождению станции (2000, 2006, 2011 гг.). С 2016 года День поля на Шатиловской СХОС проводится в рамках Аграрной недели Орловской области. Значительно расширился круг участников – 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. Но в какой бы форме не проходил Шатиловский День поля, интерес селекционеров увидеть свои сорта в новых условиях не угасает, им важно знать, как проявляются важнейшие признаки и адаптивность к иным почвенно-климатическим условиям, особенно в сравнении с другими селекционными достижениями. Именно здесь производители узнают о новейших селекционных достижениях последних лет.



Опыты комментирует А.А. Полухин, доктор э. наук, профессор РАН

При ознакомлении с демонстрационными посевами сельскохозяйственных культур авторы сортов в комментариях подчёркивали наиболее ценные признаки и биологические особенности перспективных селекционных достижений. При осмотре опытных участков в комментариях приняли участие руководители учреждений и авторы сортов.

30 июня состоялось открытие нового современного научно-производственного центра селекции и семеноводства «Бетагран Семена» в Орловской области, включающий полный цикл работ от селекции до массового производства семян новых российских сортов и гибридов. Центр осуществляет создание и внедрение в производство новых сортов и гибридов, выполняет задачи не только первичного семеноводства, но и элитного для промышленного размножения семян. Кроме того центр проводит полный технологический цикл подготовки семян к посеву на собственных семенных заводах.

1 июня в ООО «Дубовицкое» Малоархангельского района прошёл Агрофорум «Betaren-2022» с участием учёных, руководителей крупнейших агрохолдингов России и стран ближнего зарубежья. В соответствии с Программой были обсуждены различные вопросы текущего сезона, продемонстрированы новые эффективные технологии в растениеводстве, а также опыты, заложенные в рамках научных исследований на полях ООО «Дубовицкое».

Таким образом, в ходе широкого обмена опытом участниками Аграрной Недели 2022 было отмечено, что современная селекция наряду с традиционными запросами производства (продуктивность, устойчивость к неблагоприятным факторам, скороспелость, технологичность и т.д.) должна ориентироваться и на развивающиеся в мире новые тенденции использования культур, новые технологии их переработки. При создании сорта любого направления использования необходимо учитывать агроэкологический принцип, так как в условиях нашей страны с ее огромной территорией и разнообразием почвенно-климатических условий значение адаптированных сортов особенно велико. Использование в селекционном процессе генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей способствует поддержанию высокого уровня урожайности культур в условиях изменяющегося климата. Для обеспечения стабильного производства продукции растениеводства, отрасль должна ориентироваться не только на использование высококачественных семян сортов нового поколения, но и на комплексный подход в реализации адаптивного потенциала каждого культивируемого вида и сорта, используя при этом широкомасштабное экологическое испытание, оптимальное агроэкологическое районирование.

ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ПОСЕВА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА БОБА

К.Д. ШУРХАЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: shurhaeva.k@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9375-9662

А.Н. ФАДЕЕВА, кандидат биологических наук

А.Т. ХУСНУТДИНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID 0000-0001-2345-6789

Т.Н. АБРОСИМОВА, научный сотрудник

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

Нормы высева зависят от морфобиологических характеристик сорта, условий произрастания, и правильный выбор обеспечивает нормальное развитие растений и повышение урожайности. Цель исследований – определить оптимальные нормы высева новых сортов гороха, выявить их влияние на развитие растений, формирование продуктивности. Исследования проводились в 2019-2020 гг. на селекционном участке Татарского НИИСХ. В опыте были изучены два новых перспективных сорта гороха усатого морфотипа селекции ТатНИИСХ Велес и Нарат. Сорт Нарат характеризуется хорошо развитым пергаментным слоем. Сорт Велес с тонкими створками боба отличается устойчивостью к их раскрыванию. Генотипы изучались при следующих нормах высева: 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 млн. всхожих семян на гектар. За годы исследований отмечено неравномерное распределение гидротермических показателей. В 2019 году в начальный период развития растений от всходов до начала цветения отмечен значительный недостаток влаги с повышенными среднесуточными температурами в 2020 году период линейного роста растений гороха характеризовался хорошей влагообеспеченностью и умеренным температурным режимом, при формировании генеративных органов растений наблюдался дефицит влагообеспеченности с повышенной среднесуточной температурой. Для сорта Нарат охарактеризована тенденция сохранения высоких значений сохранности и выживаемости растений в более изреженном посеве при норме 1,2 млн. всхожих семян до 95,0%. Сорт Велес менее реагировал на засушливые условия при формировании всходов, значения сохранности и выживаемости повышались при загущении посева до 1,6 млн. всхожих семян. За два года исследований установлено максимальное значение продуктивности у сорта Велес при норме высева 1,4 млн. всх. семян (535,0, 392,2 г/м²). При засушливых условиях оптимальной нормой высева, при которой у сорта Нарат наблюдалась максимальная биологическая продуктивность растений, оказалась плотность посева 1,2 млн. всх. семян. Анализ изменчивости показателей структуры продуктивности по нормам высева показал, что наименьшей вариабельностью характеризовались признаки длина растения, число семян в бобе, масса 1000 семян.

Ключевые слова: горох посевной, нормы высева, полнота всходов, выживаемость, сохранность растений, коэффициент размножения, густота посева.

Для цитирования: Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н., Хуснутдинова А.Т., Абросимова Т.Н. Влияние густоты посева на формирование продуктивности сортов гороха в зависимости от типа боба. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 3(43):12-19. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-12-19

THE INFLUENCE OF SOWING DENSITY ON THE FORMATION OF PRODUCTIVITY OF PEA VARIETIES DEPENDING ON THE TYPE OF BEAN

K.D. Shurkhaeva, A.N. Fadeeva, A.T. Khusnutdinova, T.N. Abrosimova
TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE - SSU FRC «KazSC RAS»

Abstract: Seeding rates depend on the morphological characteristics of the variety, growing conditions, and the right choice ensures the normal development of plants and an increase in yield. The purpose of the research is to determine the optimal seeding rates of new pea varieties. Also, to identify their influence on the plant's development, the formation of productivity. The research was carried out in 2019-2020 at the breeding site of the Tatar Research Institute. In the experiment, two new promising varieties of mustachioed peas of the breeding of TatNIISKH Veles and Narat were studied. The Narat variety is characterized by a well-developed parchment layer. The Veles variety with thin bean leaves is resistant to their opening. Genotypes were studied at the following seeding rates: 1.0; 1.2; 1.4; 1.6 million germinating seeds per hectare. During the research period an uneven distribution of hydrothermal indicators was noted in the initial phase of plant development from germination to the beginning of flowering and during the formation of generative organs of plants. As for the Narat variety, there is a tendency to maintain high values of plant preservation and survival in more sparse sowing at a rate of 1,2 germinating seeds up to 95,0%. The Veles variety reacted less to arid conditions during the formation of seedlings, the values of preservation and survival increased with the thickening of sowing. For two years of research, the maximum productivity value of the Veles was established at a seeding rate of 1,4 million germinating seeds (535.0, 392.2 g/m²). Under arid conditions, the optimal seeding rate, at which the maximum biological productivity of plants was observed in the Narat variety, turned out to be a seeding density of 1,2 million germinating seeds. The analysis of the variability of productivity structure indicators according to seeding rates showed that the following features were characterized by the least variability, there are: plant length, number of seeds in a bean, weight of 1000 seeds.

Keywords: field pea, seeding rates, fullness of seedlings, survival, plant safety, reproduction coefficient, sowing density.

Введение

Горох характеризуется широким ареалом почвенно-климатических зон возделывания и имеет большое продовольственное, кормовое и агротехническое значение. Наша страна занимает второе место в мире после Канады по производству гороха на зерновые цели, на ее долю приходится от 10-20% мирового производства [1].

Основной и решающей задачей семеноводства гороха является размножение, быстрое и успешное внедрение новых сортов в производство [2]. При создании сортов различного направления использования технология возделывания способствует максимальной реализации биологического потенциала продуктивности гороха [3]. Нормы высева имеют большое сельскохозяйственное значение, зависят от морфобиологических характеристик сорта, условий произрастания, и правильный их выбор является определяющим фактором получения высоких и стабильных урожаев культуры. Установлено положительное влияние увеличения норм высева на урожайность гороха в благоприятные по метеоусловиям годы. В условиях засухи усиливается конкуренция за питание, лучшее развитие гороха происходит в более разреженном посеве [4, 5]. Имеются данные, что усатые сорта более приспособлены к условиям загущения и формируют наибольшую урожайность при норме высева 1,4-1,6 млн/га [6, 7]. Мнения о влиянии норм высева на полевую всхожесть семян и выживаемость растений противоречивы. В исследованиях по изучению реакции генотипов на различную плотность посева было установлено, что с увеличением нормы высева в ценозе усиливается конкуренция, и в результате снижается полевая всхожесть и выживаемость растений, а в некоторых опытах не выявлено существенной зависимости полевой всхожести от нормы высева. При пониженных нормах высева показатели повышаются на 1-2% [8, 3, 9]. По данным некоторых исследователей, загущение посева снижало полевую всхожесть семян

гороха. Считается, что при увеличении нормы высева усиливается внутрисортовая конкуренция, и в результате уменьшается количество продуктивных узлов, число бобов на растении и семян в бобе. В итоге падает продуктивность одного растения, крупность семян [10, 9, 3].

Цель исследований – определить оптимальные нормы высева новых сортов гороха, выявить их влияние на развитие растений, формирование продуктивности.

Материал и методы исследований

Исследования проводились на селекционном севообороте Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства в 2019-2020 годах. Почвы опытного участка – серые лесные, среднесуглинистые. Предшественник – яровая пшеница.

В опыте были изучены два новых перспективных сорта гороха усатого морфотипа селекции ТатНИИСХ Велес и Нарат. Сорт Нарат продовольственного назначения имеет лущильный тип боба, характеризуется хорошо развитым пергаментным слоем и высоким содержанием белка до 26,00%. В 2022 году включен в Госреестр РФ селекционных достижений. Для сорта Велес отличительным признаком является отсутствие пергаментного слоя в области эндокарпия. Отложение лигнина в створках боба отмечено в области брюшного шва и срединной жилки [11]. Благодаря структуре боба сорт Велес обладает устойчивостью к раскрыванию. Генотипы изучались при следующих нормах высева: 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 млн. всхожих семян на гектар.

Посев проводили в I декаде мая селекционной сеялкой ССФК-7А. Семена гороха высевались рядовым способом. Площадь делянок 20 м², в 4-х-кратной повторности. Почва опытного участка серая лесная, по уровню pH (5,6) относится к нейтральным.

На делянках были заложены постоянные площадки, на которых проводились учеты всходов и количества выживших к уборке растений. В течение вегетации на опыте проводились фенологические наблюдения за развитием растений гороха. Биологическую продуктивность рассчитывали с учетом количества растений на 1 м². При полном созревании растения убирали в снопы. В лабораторных условиях проводился анализ морфоструктуры растений по следующим признакам: длина растения, количество продуктивных узлов, число бобов, семян на растении, семян в бобе, масса семян с растения, масса 1000 семян. Полученные данные обработаны одно – трехфакторным дисперсионным анализом с помощью программ Excel.

Результаты и их обсуждение.

Полевые опыты проводились на фоне неравномерного распределения осадков и температурного режима по фазам развития растений гороха (рис 1).

В 2019 году начальный период развития растений от всходов до начала цветения сопровождался повышенными среднесуточными температурами, причем максимальная достигала 31 °С.

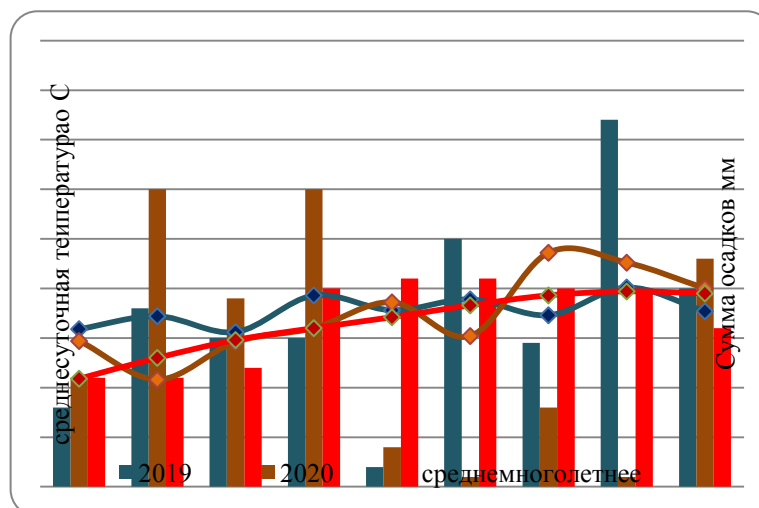


Рис. 1. Гидротермические показатели по годам исследований

Низкое значение ГТК (0,85) указывает на значительный недостаток влаги особенно в I, II декаде мая. Дальнейшее развитие растений протекало при равномерном распределении среднесуточных температур и осадков, что отразилось на формировании урожая растений. Избыток осадков с отклонением от нормы до 85,0% в фазе созревания семян отразился на продолжительности уборки.

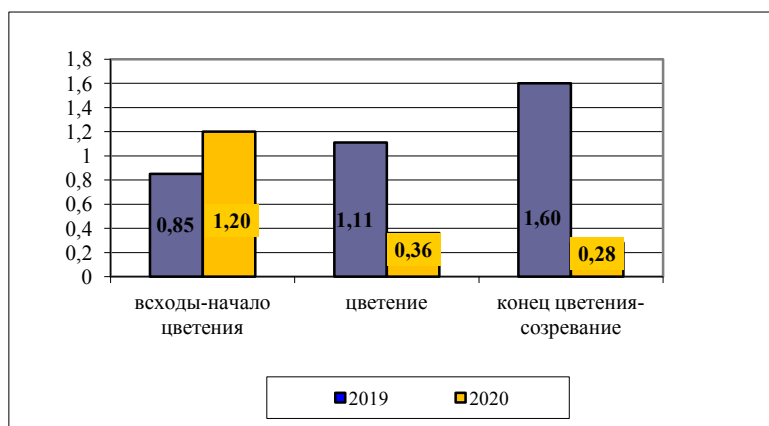


Рис. 2. ГТК в период вегетации гороха, 2019-2020 гг.

Погодные условия в 2020 году в период роста и развития растений гороха характеризовались весьма неравномерным распределением гидротермических показателей. Период линейного роста растений гороха, охватывающий вторую половину мая и две декады июня, характеризовался хорошей влагообеспеченностью и умеренным температурным режимом. В фазе цветения сложились напряженные условия, что явилось главным фактором реализации потенциала сортов. Низкое значение ГТК (0,36 в 2019 г. и 0,28 в 2020 г.) указывает на дефицит влагообеспеченности и повышенную среднесуточную температуру при формировании генеративных органов растений. Количество выпавших осадков составило 60% от нормы, среднесуточная температура превышала среднегодовую значения на 14,7-22,3%. Максимальная температура воздуха поднималась до 26-34° С. Сухая и жаркая погода ускорила фазы налива и созревания семян.

Анализ полноты всходов, выживаемости и сохранности растений перед уборкой характеризует различные реакции сортов на загущение и изреженность посевов по годам исследований. В 2019 году у сорта Нарат отмечены более низкие значения показателей по отношению к генотипу Велес с беспергаментными бобами (табл. 1). По мере увеличения нормы высева усиливалась конкуренция между растениями, происходило изреживание всходов до 80,0%.

Таблица 1

Соотношение густоты растений гороха в зависимости от норм высева и условий года

Сорт	Норма высева, млн./шт. всх семян	Полнота всходов, %		Выживаемость, %		Сохранность, %	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020
Нарат							
	1,0	83,0	97,0	74,0	92,0	89,1	94,8
	1,2	84,2	100	73,3	95,0	88,9	95,0
	1,4	82,8	91,4	81,4	86,4	98,3	94,5
	1,6	80,0	95,6	72,5	90,0	90,6	94,1
Велес	1,0	91,0	94,0	85,0	90,0	93,4	95,7
	1,2	92,5	90,0	87,5	86,7	94,5	96,3
	1,4	100	95,0	87,8	92,1	87,8	97,0
	1,6	83,7	93,1	82,5	91,9	98,5	98,6

Это отразилось на количестве сохранившихся растений к уборке и выживаемости, значения составляли 90,6 и 72,5% соответственно. Это обусловлено тем, что в период линейного роста растений среднесуточная температура повышалась с отклонением до 56,4% от среднегодовых значений. В связи с этим, лучшее развитие вегетативной массы растений сорта Нарат наблюдалось при пониженной норме высева (1,0-1,2 млн. всх. семян), где полнота всходов составляла 83,0-84,2%.

Сорт Велес с тонкими створками боба меньше реагировал на неустойчивый режим теплообеспечения. Полнота всходов по мере увеличения нормы высева 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 млн. всхожих семян изменялась в пределах 91,0; 92,5; 100; 83,7%. Для сорта Велес характерно нормальное развитие всходов (100%) при плотности посева 1,4 млн. всхожих семян. При дальнейшем увеличении плотности посева от 1,4 до 1,6 всхожих семян наблюдалось значительное изреживание всходов до 83,7%. Высокий процент выживших и сохранившихся растений (87,8 -98,5%) отмечен при загущенном посеве (1,4-1,6 млн. всхожих семян).

Гидротермические условия 2020 года при ГТК 1,11 оказались благоприятными в начальный период линейного роста растений. Полнота всходов в зависимости от густоты посева изменялась у луцильного сорта Нарат в пределах 91 - 100%, у сорта Велес 90 - 95,0%. Для Велеса оптимальное развитие всходов отмечено при густоте 1,4 млн. всхожих семян, у сорта Нарат при снижении нормы до 1,2.

В фазе налива бобов и формирования семян, начиная с третьей декады июня по вторую декаду июля, растения гороха испытывали дефицит влаги при высокой среднесуточной температуре воздуха. Для сорта Нарат отмечена тенденция повышения значений сохранности и выживаемости растений в более изреженном посеве при норме 1,2 млн. всхожих семян до 95,0%. Сорт Велес менее реагировал на засушливые условия в данный период, у него значения сохранности и выживаемости повышались при загущении посева до 1,4-1,6 млн. всхожих семян.

Биологическая продуктивность растений изученных сортов гороха складывалась за счет количества растений на 1 кв. м и продуктивности одного растения (г). За два года у сорта Велес максимальный показатель массы семян с растения достигал при более изреженном посеве 1,0-1,2 млн. всхожих семян и составил в 2019 году 5,46-4,76 г, в 2020 – 3,57-2,98 г. Формирование биологической продуктивности происходило за счет увеличения числа растений и возрастала по мере увеличения плотности посева. Коэффициент размножения, наоборот, уменьшался при изреживании. За два года исследований максимальную продуктивность растений показал сорт Велес при норме высева 1,4 млн. всхожих семян (табл. 2). В 2019 году погодные условия оказались благоприятными для формирования продуктивности растений, значение которой составляло 535,0 г/м². Коэффициент размножения составил 10,7.

Таблица 2

Биологическая продуктивность сортов гороха в зависимости от норм высева, г/ м²

Норма высева	Велес				Нарат			
	Продуктивность		Коэффициент размножения		Продуктивность		Коэффициент размножения	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
1,0	464,1	321,3	13,4	13,8	348,5	300,8	10,0	12,1
1,2	499,8	309,9	12,2	12,6	431,2	373,9	9,2	10,8
1,4	535,0	392,2	10,7	11,2	502,7	352,1	8,8	8,6
1,6	517,4	377,8	9,2	9,0	487,2	368,6	7,1	8,1
НСР ₀₅	72,5	31,4			54,2	26,2		
Р%	4,9	2,8			3,8	2,6		

В 2020 г. фазы формирования бобов и налива семян сопровождались повышенными температурами и недостаточным увлажнением, что отразилось на снижении продуктивности растений до 392,2 г/м² с коэффициентом размножения 11,2.

В 2019 г. у лущильного сорта Нарат при норме высева 1,4 млн. всхожих семян выявлена максимальная продуктивность (507,1 г/м²), при этом коэффициент размножения составлял 8,8. Причем биологическая продуктивность сформировалась за счет сохранившихся растений к уборке, высоких значений массы семян с одного растения (г) в пределах 4,71-4,90; 3,27-3,28 г. В 2020 году сорт Нарат более остро реагировал на загущение посева при сложившихся засушливых погодных условиях.

Оптимальной нормой высева оказалась плотность посева 1,2 млн. всхожих семян, при которой у сорта Нарат отмечена наибольшая продуктивность (373,9 г/м²). Также в более изреженном посеве 1,0-1,2 млн. всхожих семян установлено наибольшее значение показателя масса семян с растения в пределах 3,27-3,28 г.

Результат трехфакторного дисперсионного анализа доказывает, что решающее влияние на формирование продуктивности сортов оказывают условия года (50,7%). Установлено существенное влияние изучаемых факторов, так значение $F_{\text{факт}}$ превышает стандартное значение при уровне вероятности 0,95 (табл.3).

Таблица 3

Вклад факторов в формирование продуктивности растений гороха, 2019-2022 гг.

Источник варьирования	Отношение дисперсий (F)		НСР	Доля влияния фактора
	фактическое	табличное (P=0,95)		
Генотип (А)	6,35	4,1	22,66	3,2
Среда (В)	100,279	4,1	22,66	50,7
Нормы высева (С)	16,296	2,9	32,04	24,7
Взаимодействие АВС	2,100	2,9	45,32	3,18

Элементы структуры продуктивности реагировали на изменение норм высева и показатели снижались по мере увеличения плотности посева.

В 2020 году сорт Велес по длине стебля (93,8 см) превышал сорт Нарат на 16,0 см. Сорт Велес имел преимущество по числу семян в бобе, по годам значение составляло 4,7-4,2. По крупности семян он характеризовался как более мелкосемянный, в 2019 г. с колебаниями по нормам 192,9-176,8 г и меньшим расходом семян на посев.

Сорт Нарат не уступал Велесу по числу продуктивных узлов, бобов, массе семян с растения. Масса 1000 семян в пределах 218,9-192,8 г обеспечивала больший расход семян на посев (рис. 3).

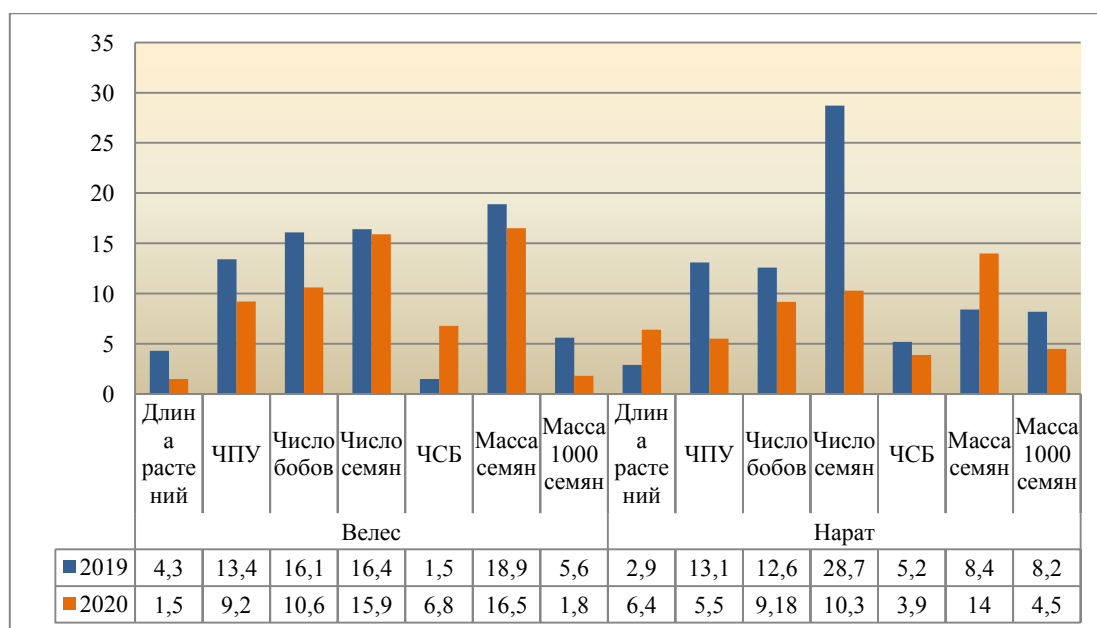


Рис. 3. Изменчивость структуры продуктивности в зависимости от плотности посева, CV%

Анализ изменчивости показателей структуры продуктивности по нормам высева показал, что наименьшей вариабельностью характеризовались признаки длина растения, число семян в бобе, масса 1000 семян.

Заклучение

У сорта Нарат лучшее развитие всходов, сохранность и выживаемость отмечены при засушливых условиях. В условиях недостаточного увлажнения оптимальная норма высева для сорта Нарат оказалась 1,2 млн. всхожих семян, при которой выявлена максимальная биологическая продуктивность, повышение коэффициента размножения 9,2. В годы достаточного влагообеспечения Нарат способен формировать высокую биологическую продуктивность в более плотном посеве – 1,4 млн. всхожих семян на гектар.

Для сорта Велес характерно нормальное развитие всходов (100%) при более плотном посеве 1,4 млн. всхожих семян. Сорт гороха Велес оказался более приспособлен к условиям загущения посева независимо от условий года и формировал максимальную продуктивность при 1,4 млн. всхожих семян.

Статья подготовлена в рамках Государственного задания ТатНИИСХ –ОСП ФИЦ КазНЦ РАН по теме НИР № 122011800138-7

Литература

1. Зотиков В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур// Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. -№3 (35). - С. 12-19.
2. Гретченко А.Е., Мезенцева Ю.О., Михайлова М.П., Рафальский С.В. Формирование урожайности сорта сои Китросса в зависимости от густоты посева // Вестник КрасГАУ. - 2021. - № 7. – С. 50-58.
3. Зеленов А.Н., Зеленов А.А., Бобков С.В., Кононова М.Е., Толкачева М.А. и др. Урожай и качество семян различных по архитектонике листа образцов гороха в зависимости от плотности посева // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2017.- № 4 (24). – С. 33-38.
4. Филатова И.А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева // Земледелие. – 2019. - С. 36-38. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10210
5. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д. Формирование продуктивности сортов гороха посевного с деформацией лигнина в створках боба в зависимости от плотности посева // Вестник КазГАУ. - 2019. - № 2 (53). – С. 58-63.
6. Васильченко С.А. Метлина Г.В., Ашиев А.Р., Кравченко Н.С. Экономическая и энергетическая оценка влияния норм высева ярового гороха в условиях Южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. - 2021. - № 2. (74). – С.81-87.

7. Новикова Н.Е., Агаркова С.Н., Беляева Р.В., Головина Е.В., Цуканова З.Р., Сулимова Н.И., Митькина Н.И. Влияние интрогрессии мутантных генов на формирование урожайности сортов гороха // Вестник ОрелГАУ. - № 3. – 2012. – С. 20-26.
8. Будилов А.П., Соловьёва В.Н., Верещагина А.С., Ураскулов Р.Ш. Выживаемость семян и структура урожайности зерна гороха в условиях степной зоны Оренбуржья // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). - 2017. – С. 1-9.
9. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Сафин Ф.Ф. Влияние способов посева и норм высева на продолжительность вегетации и урожайность зерна гороха в условиях республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. №2 (76). - С. 72-77.
10. Воскобулова Н.И. Влияние элементов технологии на рост и развитие растений гороха в условиях Оренбургской области. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета - 2018. - № 4 (72). – С. 98-100.
11. Фадеев Е.А., Фадеева А.Н., Капран Д.А., Шурхаева К.Д., Абросимова Т.Н. Новый сорт гороха Кабан: Морфологическая характеристика, особенности строения перикарпия // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - № 4 (20). – С. 22-26.

References

1. Zotikov V.L. Domestic breeding of leguminous and cereal crops. *Legumes and Groat Crops*. 2020, no.3 (35), pp. 12-19. (In Russian)
2. Gretchenko A.E., Mezentseva Yu.O., Mikhailova M.P., Rafalsky S.V. Bulletin of the formation of the yield of soybean variety Kitros depending on the density of sowing. KrasGAU, 2021, no. 7, pp. 50-58. (In Russian)
3. Zelenov A.N., Zelenov A.A., Bovkov S.V., Kononova M.E., Tolkacheva M.A., etc. Yield and seed quality of pea samples of different leaf architectonics depending on the sowing density. *Legumes and Groat Crops*. 2017, no.4 (24), pp. 33-38. (In Russian)
4. Philatova I.A. Productivity of peas and elements of crop structure depending on seeding rates. *Agriculture*. – 2019 - p.36-38. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10210 (In Russian)
5. Fadeeva A.N., Shurkhaeva K.D. Formation of productivity of varieties of seed peas with deformation of lignin in bean leaves depending on the sowing density. *Bulletin of KazGAU*. 2019, no.2 (53), pp. 58-63. (In Russian)
6. Vasilchenko S.A., Metlina G.V., Ishaev A.R., Kravchenko N.S. Economic and energy assessment of the impact of spring pea seeding rates in the conditions of the Southern Zone of the Rostov region. *Grain farming of Russia*. 2021, no. 2 (74), pp.81-87. (In Russian)
7. Novikova N.E., Agarkova S.N., Belyaeva R.V., Golovina E.V., Tsukanova Z.R., Sulimova N.I., Mitkina N.I. The effect of introgression of mutant genes on the formation of the of pea varieties. *Bulletin of the OrelGAU*. 2012, no. 3, pp. 20- 26. (In Russian)
8. Budilov A.P., Solovyova V.N., Vereshchagina A.S., Uraskulov R.S. Seed survival and pea grain yield structure in the conditions of the Orenburg steppe zone. *Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (electronic journal)*. 2017, pp. 1-9. (In Russian)
9. Davletov F.A., Gainullina K.P., Safin F.F. Influence of sowing methods and seeding rates on the duration of vegetation and yield of pea grain in the conditions of the Republic of Bashkortostan. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2019, no. 2 (76), pp. 72-77. (In Russian)
10. Voskobulova N.I. The influence of technology elements on the growth and development of pea plants in the conditions of the Orenburg region. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2018, no.4 (72), pp. 98-100. (In Russian)
11. Fadeev E.A., Fadeeva A.N., Kapran D.A., Shurkhaeva K.D., Abrosimova T.N. A new variety of wild boar pea: Morphological characteristics, structural features of the pericarp. *Legumes and Groat Crops*. 2016, no.4 (20), pp. 22-26. (In Russian)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРОХА

А.И. ЕРОХИН, З.Р. ЦУКАНОВА, кандидаты сельскохозяйственных наук
Е.В. ЛАТЫНЦЕВА, научный сотрудник

ФГНБУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E mail: office@vniizbk.ru

Цель данной работы: изучить влияние гуминового препарата Гумат+7 на посевные качества семян и урожайность гороха сорта Спартак. Установлено, что применение на семенах гороха сорта Спартак одного препарата Гумат+7 в дозах 200 и 500 г/т, а так же совместно с полимером Эпок-1% раствором увеличивает рост проростков на 4,7-20,4% по сравнению с контрольными проростками.

У обработанных семян гороха совместным применением препаратов (Гумат +7 и полимера Эпок-1% раствора), зелёная масса растений превышала контрольные растения на 45,0-48,0 г (19,4-20,6%), воздушно-сухая масса на 10,1-11,2 г (18,4-20,4%).

Обработка семян гороха одним препаратом Гумат+7 в дозах -200 и 500 г/т повышает полевую всхожесть на 3-4%, урожайность, в среднем за 2021-2022гг., на 0,12 -0,17 т/га (5,6-7,9%). Полевая всхожесть семян, обработанных совместным применением препаратов (Гумат + 7 и полимером Эпок 1% раствором) превышала этот показатель в контроле - на 5-7%, а урожайность гороха (в среднем за 2021-2022 гг.) - на 0,25 - 0,28 т/га или 11,7 – 13,1%.

От применения препаратов на семенах гороха, в структурном анализе растений установлено увеличение количества бобов, семян и массы семян на 5,2-14,3%. Масса 1000 семян превышала контроль - на 2,3 – 3,7г (1,2-1,9%).

Ключевые слова: горох, сорт, Гумат+7, Эпок 1%, семена, обработка, всхожесть, урожайность.

Для цитирования: Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Латынцева Е.В. Эффективность применения экологически безопасных препаратов для предпосевной обработки семян гороха. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 3(43):20-25. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-20-25

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PREPARATIONS FOR PRE-SOWING TREATMENT OF PEA SEEDS

A.I. Erokhin, Z.R. Tsukanova, E.V. Latyntseva

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

E-mail: office@vniizbk.ru

Abstract: *The purpose of this work: to study the effect of the humic preparation Gumat +7 on the sowing qualities of seeds and the yield of peas of the Spartak variety. It has been established that the use of one Gumat +7 preparation on the seeds of the Spartak cultivar at doses of 200 and 500 g/t, as well as together with the Epok-1% polymer solution, increases the growth of seedlings by 4.7-20.4% compared to the control seedlings.*

In the treated pea seeds with the combined use of preparations (Humate +7 and polymer Epok-1% solution), the green mass of plants exceeded the control plants by 45.0-48.0 g (19.4-20.6%), the air-dry mass by 10.1-11.2 g (18.4-20.4%).

Treatment of pea seeds with one preparation Humat +7 at doses of 200 and 500 g/t increases field germination by 3-4%, yield, on average for 2021-2022, by 0.12 - 0.17 t/ha (5,6-7,9%). The field germination of seeds treated with the combined use of preparations (Humate + 7 and Epok polymer 1% solution) exceeded this indicator in the control by 5-7%, and the yield of peas (on average for 2021-2022) - by 0.25-0.28 t/ha or 11.7-13.1%.

From the use of preparations on pea seeds, in the structural analysis of plants, an increase in the number of beans, seeds and seed weight by 5.2-14.3% was established. The weight of 1000 seeds exceeded the control by 2.3-3.7 g (1,2-1,9%).

Keywords: peas, variety, Humate+7, Epok 1%, seeds, treatment, germination, yield.

Потенциальная продуктивность перспективных сортов зернобобовых культур может быть реализована только при высоком качестве посевного материала. Получение семян с высокими посевными качествами и урожайными свойствами повышает лабораторную и полевую всхожесть, способствует появлению дружных всходов и увеличению урожайности. Потребность в зелёной массе гороха, в большинстве регионов страны, также имеет большое практическое значение, как и в семенах.

Семена зернобобовых культур – одно из основных средств сельскохозяйственного производства и высокоценный товар. Однако в производственных условиях иногда подготовленные к посеву большие партии семян по своим посевным качествам не соответствуют требованиям государственных стандартов, что приводит к снижению их всхожести и урожайности [1, 2].

Одним из основных путей повышения посевных качеств и урожайных свойств семян является их предпосевная подготовка с применением ростстимулирующих гуминовых препаратов.

Нехватка традиционных форм органических и минеральных удобрений заставляет изыскивать новые формы препаратов и включать их в современные агротехнологии. В настоящее время разработаны новые формы препаратов гуминовой природы, методы их применения, что позволяет повысить эффект стимуляции прорастания семян, развитие проростков, снизить применение пестицидов, увеличить урожайность и улучшить качество выращенной продукции [3, 4, 5].

Препараты и методика проведения исследований

В 2021-2022 гг. было изучено влияние обработки семян гороха сорта Спартак препаратом Гумат+7 отдельно и совместно с полимером Эпок-1% раствором, с целью повышения посевных качеств семян и увеличения продуктивности растений. Доза применения препарата Гумат+7 составляла 200 и 500 г/т семян. Семена обрабатывали препаратом за две недели до посева.

Гумат +7 (Иркутский) – содержит уникальное природное сырьё Восточно – Сибирского угольного бассейна, так называемые «высоко окисленные бурые угли» – природные гуминовые кислоты, которые применяются в сельском хозяйстве России более 30 лет. Препарат стимулирует и ускоряет всхожесть семян, способствует развитию мощной корневой системы растений, обеспечивает повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды, увеличивает урожайность и качество выращенной продукции.

Эпок – эфироцеллюлозный, порошкообразный или волокнистый материал белого цвета. Основой Эпока является водорастворимый полимер без запаха и вкуса (разрешение на использование в пищевой промышленности (№ 123-9/2-19 от 15.01.1987 г.). Для человека, растений и окружающей среды не опасен, но может содержать пестициды и другие защитно-стимулирующие добавки. Маточные и рабочие растворы препарата могут храниться – 7-10 суток и более.

В лабораторных условиях нами проведена оценка по показателям энергии прорастания, лабораторной всхожести обработанных и необработанных (контроль) семян, проведены замеры проростков (корешков и ростков) согласно ГОСТ 12038-84. Полевые опыты были

заложены в севообороте ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. 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-8,7, бора-0,79, кобальта-0,047 мг. pH солевой вытяжки – 5,0-5,5. В целом характеристика почв достаточно благоприятна для роста и развития гороха. Однако некоторые параметры (значение pH) значительно отклоняются от оптимальных параметров. Посев гороха проводили в оптимальные сроки селекционной сеялкой СКС – 6-10. Норма высева – 1,2 млн. всхожих семян на 1 га. Размер опытных делянок – 8 м², повторность шестикратная, размещение делянок рендомизированное. В период вегетации растений проведены наблюдения и учёты полевой всхожести семян, зелёной массы растений гороха в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985). Перед уборкой с делянок отобраны образцы растений для структурного анализа. Урожай учитывали по делянкам. Результаты опытов по урожайности обрабатывали математически методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985). За контроль опыта приняты необработанные семена.

Результаты исследований

Проведённые исследования в лабораторных условиях показали, что применение на семенах гороха сорта Спартак гуминового препарата Гумат +7 в дозах 200 и 500 г/т, увеличивает рост проростков обработанных семян на 4-е и 8-е сутки проращивания на 4,7-14,8% к контрольным проросткам (табл. 1).

Таблица 1

Влияние препарата Гумат+7 на длину проростков семян гороха сорта Спартак, среднее за 2020-2021 гг.

Варианты обработки семян	Лабораторная всхожесть семян, %	Длина проростков на 4-е сутки проращивания, см		Длина проростков на 8-е сутки проращивания, см	
		Корешков	ростков	Корешков	ростков
Контроль – необработанные семена	92	8,6	3,0	12,4	5,4
Гумат+7-200 г/т	95	9,0	3,3	13,8	5,8
Гумат+7-500 г/т	96	9,3	3,4	14,2	6,2
Гумат+7-200 г/т +Эпок-1% раствор	97	9,9	3,5	14,3	6,3
Гумат+7-500 г/т +Эпок-1% раствор	97	10,1	3,6	14,4	6,5

Совместное действие препаратов Гумат +7 и 1% раствора полимера Эпок способствует дальнейшему увеличению длины проростков. По сравнению с контрольным вариантом, длина корешков и ростков на 4-е сутки проращивания семян была больше на 15,1-20,0%, на 8-е сутки проращивания на 14,4-20,4%.

С увеличением длины проростков отмечено повышение их массы на 11,3-17,8%.

Лабораторная всхожесть обработанных семян превышала эти показатели в контроле на 3-5%

Зелёная масса растений гороха обработанных семян препаратом Гумат+7 в дозах 200 и 500 г/т превышала контрольные растения на 23,5-27,5 г или 10,1-11,8%, воздушно-сухая масса на 8,7-9,2 г или 15,8-16,7%.

Превышение зелёной массы растений над контрольными растениями у семян обработанных совместным применением препаратов Гумат + 7 в дозах 200 и 500 г/т и

полимером Эпок-1% раствором составило – 45,0-48,0 г (19,4-20,6%), воздушно- сухой массы – 10,1-11,2 г (18,4-20,4%), (табл. 2). Лучшие результаты в урожайности зелёной массы получены у семян, обработанных Гумат+7 – 500 г/т и полимером Эпок-1% раствором.

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян гороха сорта Спартак препаратом Гумат+7 на зеленую и воздушно- сухую массу растений, среднее за 2021-2022 гг.

Варианты обработки семян	Зелёная масса 10 растений, г	Прибавка к контролю		Воздушно-сухая масса 10 растений, г	Прибавка к контролю	
		г	%		г	%
Контроль - необработанные семена	232,5	-	-	55,0	-	-
Гумат+7-200 г/т	256,0	23,5	10,1	63,7	8,7	15,8
Гумат+7-500 г/т	260,0	27,5	11,8	64,2	9,2	16,7
Гумат+7-200 г/т +Эпок-1% раствор	277,5	45,0	19,4	65,1	10,1	18,4
Гумат+7-500 г/т +Эпок-1% раствор	280,5	48,0	20,6	66,2	11,2	20,4
НСР ₀₅	33,7			11,5		

Эффективность предпосевной обработки семян гороха сорта Спартак препаратом подтверждается данными по полевой всхожести и урожайности (табл. 3).

Таблица 3

Полевая всхожесть семян и урожайность гороха сорта Спартак в зависимости от применения на семенах препарата Гумат+7

Варианты обработки семян	Полевая всхожесть семян, %	Урожайность, т/га		В среднем, т/га	Прибавка к контролю	
		2021 год	2022 год		т/га	%
Контроль– необработанные семена	87	1,54	2,74	2,14	-	-
Гумат+7-200 г/т	90	1,64	2,87	2,26	0,12	5,6
Гумат+7-500 г/т	91	1,68	2,94	2,31	0,17	7,9
Гумат+7-200 г/т +Эпок-1% раствор	92	1,76	3,03	2,39	0,25	11,7
Гумат+7-500 г/т +Эпок-1% раствор	94	1,80	3,04	2,42	0,28	13,1
НСР _{0,5}		0,07	0,14			

Применение на семенах одного препарата Гумат+7 в дозах 200 и 500 г/т повышает полевую всхожесть обработанных, семян на 3-4%, урожайность в среднем за 2021-2022 гг. на 0,12-0,17 т/га (5,6-7,9%).

Полевая всхожесть семян, обработанных совместным применением препаратов (Гумат+7 -200 и 500 г/т и полимером Эпок-1% раствором) была выше полевой всхожести контрольного варианта на 5-7%, прибавка в урожайности составила к контролю 0,25-0,28 т/га (11,7-13,1%).

Структурный анализ растений показал, что у семян обработанных препаратом Гумат+7 в дозах 200 и 500 г/т элементы продуктивности растений гороха были выше, чем в контроле, на 5,2-6,8% (табл. 4).

Таблица 4

Элементы продуктивности растений гороха сорта Спартаки в зависимости от предпосевной обработки семян препаратом Гумат+7, среднее за 2021-2022 гг.

Варианты обработки семян	Количество бобов с растения, шт	Количество семян с растения, шт	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль – необработанные семена	7,0	26,8	5,28	197,0
Гумат+7-200 г/т	8,0	28,5	5,64	197,9
Гумат+7-500 г/т	8,0	28,2	5,62	199,2
Гумат+7-200 г/т +Эпок-1% раствор	8,0	28,4	5,66	199,3
Гумат+7-500 г/т +Эпок-1% раствор	8,0	29,1	5,84	200,7

Применение на семенах препарата Гумат+7 в дозах 200 и 500 г/т совместно с 1% раствором полимера Эпок оказало лучшее действие на увеличение элементов продуктивности растений гороха: количество бобов с растения превышало контрольные показатели на 14,3%, количество семян – на 5,2-8,6%, масса семян с растения увеличилась на 6,8-10,6%, масса 1000 семян превышала контроль на 2,3-3,7 г или 1,2-1,9%.

Следовательно, предпосевная обработка семян препаратом Гумат+7 совместно с полимером Эпок-1% раствором является эффективным приёмом улучшения посевных качеств семян и продуктивности растений гороха сорта Спартак.

Заключение

Предпосевная обработка семян гороха сорта Спартак одним гуминовым препаратом Гумат+7, а также при совместном применении с полимером Эпок-1% раствором положительно влияет на посевные качества семян и урожайность.

Длина проростков обработанных семян гороха на 4-е и 8-е сутки проращивания превышала контрольные проростки на 4,7-20,4%, зелёная масса растений на 10,1-20,6%. воздушно-сухая масса-15,8-20,4%, полевая всхожесть обработанных семян на 3-7% и урожайность гороха (в среднем за 2021-2022 гг.) на 0,12-0,28 т/га или 5,6-13,1%.

Лучшие результаты в повышении посевных качеств семян и увеличение урожайности получены в опыте от совместного применения препаратов: Гумата+7 в дозах-200 и 500 г/т семян и полимера Эпок-1% раствора.

Литература

1. Лукина Е.А., Федотов В.А., Крицкий А.Н., Кадыров С.В. Семеноведение и семенной контроль. Учебное пособие, под редакцией профессора В.А. Федотова. -2 изд. доп. и переработанное. Воронеж ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1». – 2013. – 307 с.
2. ГОСТ Р. 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия. Изд-во. Москва. Стандартинформ. – 2005. – С. 1-19.
3. Зотиков В. И., Павловская Н. Е., Ерохин А. И., Гаврилова А. Ю. Семеноведение зернобобовых культур. Учебное пособие. Изд-во. Орёл ПФ «Картуш». – 2016. – 182 с.
4. Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Латынцева Е.В. Эффективность комплексного применения новых форм препаратов на семенах гороха //Зернобобовые и крупяные культуры. - 2017. - № 1 (21). – С. 28-33.
5. Черненькая Н.А. Эффективность применения микроудобрений при производстве семян озимой пшеницы. DOI: 24412/2309-348X-2021-1-112-119 //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 1 (37). – С. 112-117.

References

1. Lukina E.A., Fedotov V.A., Kritskii A.N., Kadyrov S.V. *Semenovedenie i semennoi kontrol'* [Seed science and seed control]. Uchebnoe posobie pod redaktsiei professora V.A.Fedotova. 2 izdanie dopolnennoe i pererabotannoe [Textbook edited by Professor V.A. Fedotov. 2 edition supplemented and revised]. Voronezh, FGBOU VPO «Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni imperatora Petra 1», 2013, 307 p. (In Russian)
2. GOST R. 52325-2005. *Semena sel'skokhozyaistvennykh rastenii. Sortovye i posevnye kachestva. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities. General specifications]. Moscow Publ., Standartinform, 2005, pp. 1-19. (In Russian)
3. Zotikov V.I., Pavlovskaya N.E., Erokhin A.I., Gavrilova A.Yu. *Semenovedenie zernobobovykh kul'tur*. Uchebnoe posobie [Seed production of leguminous crops. Tutorial]. Orel, PF «Kartush» Publ., 2016, 182 p. (In Russian)
4. Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V. *Effektivnost' kompleksnogo primeneniya novykh form preparatov na semenakh gorokha* [The effectiveness of the complex application of new forms of preparations on pea seeds]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2017, no.1(21), pp. 28-33. (In Russian)
5. Chernen'kaya N.A. *Effektivnost' primeneniya mikroudobrenii pri proizvodstve semyan ozimoi pshenitsy* [Efficiency of using microfertilizers in the production of winter wheat seeds]. DOI: 24412/2309-348X-2021-1-112-119, *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no.1 (37), pp.112-117. (In Russian)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА ПРИ УЧАСТИИ БИОПРЕПАРАТА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

О.Г. ВОЛОБУЕВА, кандидат биологических наук, ORCID ID:0000-0002-5422-0792

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МОСКОВСКАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА

E-mail: ovolobueva@list.ru

Изучена ультраструктура клубеньков растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница, семена которых были обработаны Ризоторфином, Альбитом, Корневином и Эпином-Экстра и растений сои сортов Магева и Свапа, семена которых были обработаны Ризоторфином и Эпином-Экстра. Установлено повышение активности нитрогеназы у растений фасоли сорта Гелиада и сои сорта Свапа при обработке Эпином-Экстра на фоне повышения площади бактериоидов, площади и количества волютина и снижения площади и количества включений поли-β-оксимасляной кислоты (ПОМ). У сорта фасоли Шоколадница и сои сорта Магева проявилось протекторное действие Ризоторфина, под влиянием которого наблюдалось повышение активности нитрогеназы в клубеньках и увеличение площади и количества бактериоидов, включений волютина, при минимальном содержании ПОМ. Наличие в симбиосомах бактериоидов, включений волютина и ПОМ рассматривается как новый дополнительный показатель активности симбиотической системы.

Ключевые слова: фасоль, соя, бобово-ризобиальный симбиоз, биопрепараты, регуляторы роста, ультраструктура клубеньков, бактериоиды, симбиосома, волютин, поли-β-оксимасляная кислота.

Для цитирования: Волобуева О.Г. Повышение эффективности бобово-ризобиального симбиоза при участии биопрепарата и регуляторов роста. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 3(43):26-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-26-32

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LEGUME-RHIZOBIUM SYMBIOSIS WITH THE PARTICIPATION OF A BIOLOGICAL PRODUCT AND GROWTH REGULATORS

O.G. Volobueva

RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL
ACADEMY

Abstract: *The ultrastructure of nodules of bean plants of the Heliada and Shokoladnitsa varieties, the seeds of which were treated with Rizotorfin, Albit, Kornevin, and Epin-Extra, and soybean plants of the Mageva and Svapa varieties, the seeds of which were treated with Rizotorfin and Epin-Extra, were studied. An increase in the activity of nitrogenase in bean plants of the Heliada variety and soybean variety Svapa was established when treated with Epin-Extra against the background of an increase in the area of bacteroids, the area and amount of volutin and a decrease in the area and number of inclusions of poly-β-hydroxybutyric acid (PHB). In the bean variety Shokoladnitsa and soybean variety Mageva, the protective effect of Rizotorfin was manifested, under the influence of which an increase in the activity of nitrogenase in nodules and an increase in the area and number of bacteroids, inclusions of volutin, with a minimum content of PHB, were observed. The presence of bacteroids, volutin and PHB inclusions in symbiosomes is considered as a new additional indicator of the activity of the symbiotic system.*

Keywords: bean, soybean, legume-rhizobium symbiosis, biological products, growth regulators, nodule ultrastructure, bacteroids, symbiosome, volutin, poly- β -hydroxybutyric acid.

Особую и важную роль в повышении продуктивности агроэкосистем отводят бобово-ризобиальному симбиозу, поскольку биологический азот, который усваивают клубеньковые и другие азотфиксирующие микроорганизмы и переводят в доступное для растений состояние, является не только совершенно безвредным для окружающей среды, растений, человека, но и улучшает почвенное плодородие, снижает потребности в азотных удобрениях или полном их отсутствии, способствует поддержанию совершенно безопасной агроэкосистемы и в целом биогеоценоза [1, 2]. Поэтому, повышение эффективности формирования бобово-ризобиального симбиоза является актуальной научной задачей и имеет важное теоретическое и практическое значение для фундаментальной науки и сельского хозяйства. В последние годы для повышения эффективности бобово-ризобиального симбиоза используют биопрепараты и регуляторы роста [3, 4]. Применение биопрепаратов и регуляторов роста обуславливает координацию процессов формирования ультраструктуры клубеньков бобовых растений и соотношения разных групп фитогормонов. Воздействуя на растения экзогенно препаратами, в них изменяется содержание и соотношение эндогенных фитогормонов, приводящие к возможному изменению метаболизма макросимбионта и ризобий, что по-видимому оказывает влияние на ультраструктуру клубеньков и как следствие на активность симбиотической азотфиксации [5].

Цель работы – изучение ультраструктуры клубеньков растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница и сои сортов Магева и Свапа при обработке семян этих растений Ризоторфином и регуляторами роста.

Материалы и методика исследований

Анализ ультраструктуры клубеньковой ткани растений фасоли и сои проводили в периоды наиболее активной азотфиксации: у фасоли – в фазу цветения, у сои в фазу плодообразования. Анализировали свежие клубеньки (чаще всего срединной части). Клубеньки перед фиксацией разрезали бритвой на маленькие кусочки размером 1 мм² и погружали в 0,1М фосфатный буфер (рН 7,4) в 10-кратной повторности. В течение 2,5-3,0 ч при 0°C (в холодной комнате) фиксировали в 2,5%-ном растворе глутаральдегида, после чего клубеньки промывали в фосфатном буфере 3 раза по 30 мин при 0°C и заливали осмиевым фиксатором на ночь (в холодной комнате). Отмытые в фосфатном буфере клубеньки обезвоживали в спиртах возрастающих концентраций и ацетона, затем заливали в смесь эпонов. Фиксацию клубеньков в глутаральдегиде проводили по методу Sabatini. Срезы получали на ультрамикротоме LKB-3 («LKB», Швеция) и помещали на сетки с формваровой подложкой, контрастировали 1%-ным водным раствором уранилацетата и 0,2%-ным цитратом свинца. Препараты просматривали в электронном микроскопе TEMSCAN 100CX2 («JEOL», Япония) (инструментальное увеличение 300000, а ускоряющее напряжение 80 кВ). Применяли фотопластинки для ядерных исследований, когда проводили фотографирование объекта. Морфометрические показания и статистическую обработку электронно-микроскопических исследований проводили на приборе MOP-VIDEOPLAN фирмы «Reichert» (Австрия). Клубеньки у бобовых растений отбирали в результате исследований, проведенных в 2006-2012 гг. Условия проведения опытов изложены ранее [5, 6].

Результаты исследований и их обсуждение

Об эффективности бобово-ризобиального симбиоза судили по показателям ультраструктуры клубеньков, симбиотической азотфиксации и продуктивности растений. В данной статье приводятся исследования по изучению ультраструктуры клубеньков растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница, семена которых были обработаны Ризоторфином, Альбитом, Корневином и Эпином-Экстра и растений сои сортов Магева и Свапа, семена которых были обработаны Ризоторфином и Эпином-Экстра. Метод электронной микроскопии позволил выявить некоторые особенности действия Ризоторфина, Альбита,

Корневина и Эпин-Экстра на эффективность бобово-ризобиального симбиоза. Определяли площадь симбиосом, бактериоидов, включений поли-β-оксимасляной кислоты (ПОМ) и воллютина и их количество на приборе MOP-VIDEOPLAN с микроскопических фотографий.

Установлено, что во всех вариантах присутствовали бактериоиды. В отдельных вариантах бактериоиды были с сильно развитым перибактероидным пространством (ПБП) (рис.1).

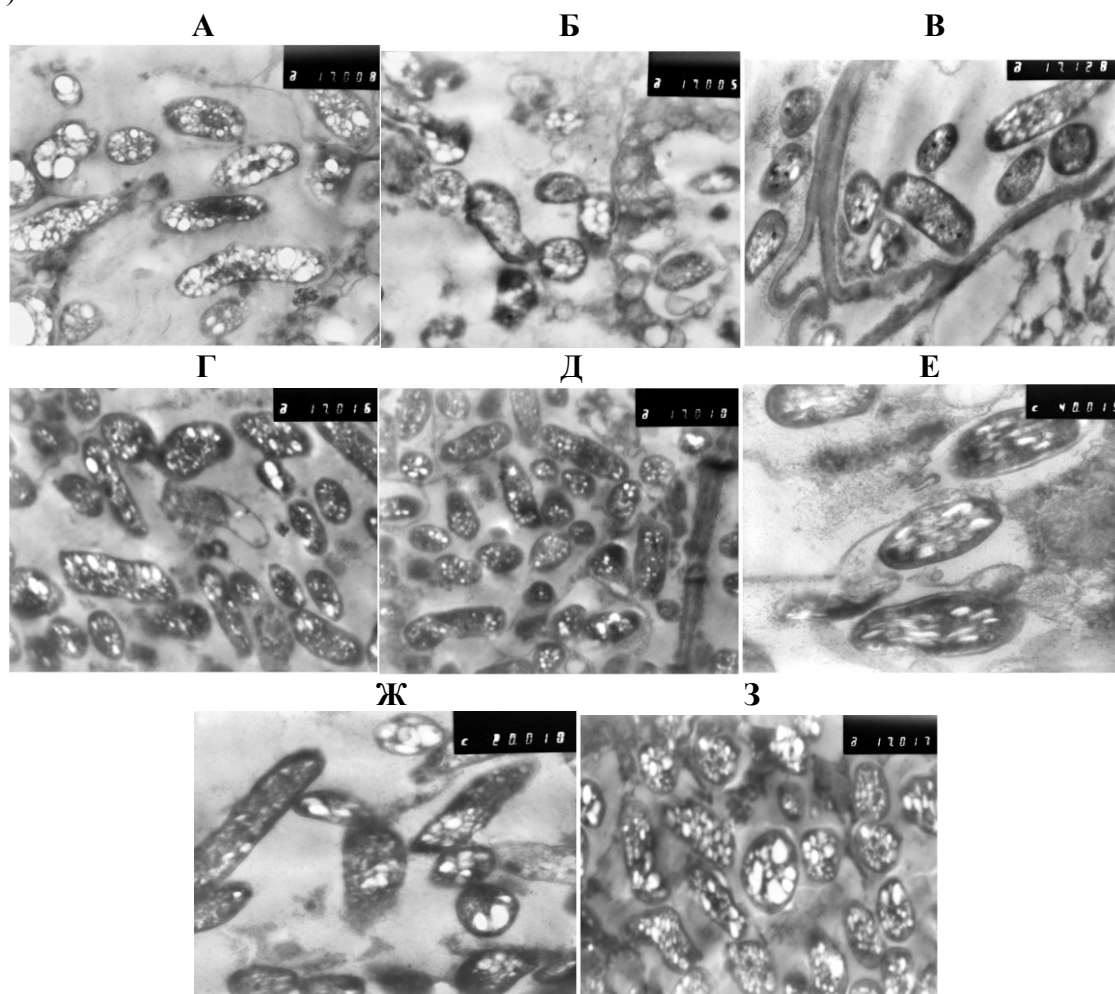


Рис. 1. Ультраструктура клубеньков фасоли:

А – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при инокуляции семян Ризоторфином, увеличение 17000; Б – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при обработке семян Альбитом, увеличение 17000; В – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при обработке семян Корневином, увеличение 17000; Г – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 17000; Д – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при инокуляции семян Ризоторфином, увеличение 17000; Е – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при обработке семян Альбитом, увеличение 40 000; Ж – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при обработке семян Корневином, увеличение 20000; З – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 17000

ПБП отводится важная функция – регуляция транспорта веществ и метаболизма формирующихся и функционирующих симбиосом. ПБП было хорошо развито в клубеньках растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница, семена которых были обработаны Альбитом, а также у сорта Гелиада, семена которой были обработаны Эпином-Экстра. Процесс включения в биогенез перибактероидной мембраны (ПБМ) различных мембран растительной клетки имеет не только пространственную, но и временную организацию. Она

в значительной мере типична для биогенеза всех растительных мембран. Сначала активизируется шероховатый эндоплазматический ретикулум. Затем везикулярный транспорт белков идет от эндоплазматического ретикулума через аппарат Гольджи к ПБМ симбиосом. ПБМ, а не бактериальная мембрана, реально контролирует поток и тип углеродных соединений для обеспечения азотфиксирующей активности бактериоидов. Поэтому, симбиосомная мембрана имеет ключевое значение во взаимоотношениях макро- и микросимбионтов [7].

Бактероиды также вносят свой вклад в процесс биогенеза ПБМ путём встраивания в неё мембранных везикул. Чаще всего это достигается за счёт прямой физической ассоциации микросимбионта с ПБМ. Способность бактериоидов к фиксации молекулярного азота теснейшим образом связана с глубокой не только количественной, но и качественной перестройкой их окислительно-восстановительных систем.

В клетках бактериоидов кроме постоянных компонентов, которыми являются рибосомы и внутриклеточные мембранные структуры, могут находиться и непостоянные. К таким непостоянным структурам бактериоидов, прежде всего, относятся различные включения. Это включения гликогена, волютина, липидов, в частности поли-β-оксимасляной кислоты. Волютин – запасное питательное вещество, являющееся источником фосфора и азота для бактерий. Включения волютина вовлекаются в процесс образования АТФ. Процесс симбиотической азотфиксации, осуществляемый клубеньковыми бактериями, достаточно энергозатратный. В результате фиксации азота ризобиями расходуется значительное количество энергии АТФ. В связи с этим, наличие гранул волютина можно рассматривать как один из возможных источников энергии для этого процесса. В наших исследованиях показано, что площадь и количество включений волютина было большим в клубеньках тех растений, в вариантах которых наблюдали наивысшие показатели азотфиксирующей активности в клубеньках растений. ПОМ – поли- β-оксимасляная кислота – липидные включения, которые являются источником энергии для бактерий. Роль ПОМ заключается в основном в регуляции использования фотоассимилятов, поступающих в бактериоиды и по содержанию полимера можно в определенной степени судить об обеспеченности бактериоидов углеводными субстратами. Низкий уровень азотфиксации в клубеньках может определяться неспособностью растения-хозяина ассимилировать весь азот, фиксированный бактериоидами, то есть недостаточным транспортом связанного азота из клубеньков в надземную часть растения. Содержание ПОМ обычно в бактериоидах незначительно именно тогда, когда клетки наиболее активно дышат и фиксируют азот. Обычно, наличие большого количества ПОМ свидетельствует о не высокой азотфиксации.

В наших исследованиях изучение ультраструктуры клубеньков растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница, семена которых были обработаны биопрепаратом и регуляторами роста, показало следующее. В клубеньках растений фасоли симбиосомы образовывались не во всех вариантах. У растений фасоли сорта Гелиада самая большая площадь симбиосом и их количество были в варианте с обработкой Эпином-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином (рис. 1, табл. 1, 2). В этом же варианте отмечено наличие большого количества включений волютина, имеющих большую площадь. Самая большая площадь бактериоидов была в клубеньках растений фасоли сорта Гелиада при обработке Корневином на фоне инокуляции Ризоторфином. Однако количество бактериоидов в клубеньках растений этого сорта было наибольшим в варианте с обработкой только Ризоторфином. В клубеньках растений фасоли сорта Шоколадница наибольшая площадь и количество бактериоидов отмечено в варианте с обработкой биопрепаратом Ризоторфин. У растений фасоли сорта Гелиада наибольшая площадь включений ПОМ и их количество отмечено при обработке Ризоторфином. У растений фасоли сорта Шоколадница большая площадь ПОМ и их количество отмечено в варианте с обработкой Корневином на фоне инокуляции Ризоторфином. Большая площадь включений волютина и их количество отмечены у растений фасоли этого сорта при обработке только Ризоторфином (рис. 1, табл. 1, 2).

Таблица 1

**Изменение ультраструктуры клубеньков растений фасоли
сортов Гелиада и Шоколадница**

Вариант	Площадь, мкм ²			
	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Волютина
Сорт Гелиада				
Ризоторфин	-	0,091±0,0027	0,033±0,0019	0,014±0,0002
Альбит	1,21±0,05	0,21±0,0058	0,037±0,0020	0,015±0,0004
Корневин	-	0,58±0,027	0,021±0,0013	0,012±0,0003
Эпин-Экстра	2,7±0,13	0,47±0,017	0,023±0,0013	0,018±0,0004
Сорт Шоколадница				
Ризоторфин	-	0,56±0,028	0,023±0,0012	0,033±0,0007
Альбит	2,08±0,085	0,40±0,011	0,40±0,0026	0,016±0,0004
Корневин	-	0,46±0,021	0,057±0,0017	0,016±0,0005
Эпин-Экстра	-	0,51±0,013	0,031±0,0009	0,026±0,0007

Примечание: < – > прочерк здесь и в табл. 2 – отсутствие структур

Таким образом, содержание ПОМ, волютина, ПБП, может служить для некоторых видов *Rhizobium* новой дополнительной характеристикой активности симбиотической системы.

Таблица 2

**Изменение ультраструктуры клубеньков растений фасоли
сортов Гелиада и Шоколадница**

Вариант	Количество			
	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Волютина
Сорт Гелиада				
Ризоторфин	-	23,56±2,28	1,62±0,08	9,51±0,37
Альбит	10,83±0,78	3,46±0,12	3,21±0,15	8,01±0,46
Корневин	-	11,4±1,49	2,48±0,14	7,40±0,49
Эпин-Экстра	14,22±0,42	4,28±0,14	0,62±0,10	10,41±0,28
Сорт Шоколадница				
Ризоторфин	-	24,70±1,93	1,09±0,06	9,08±0,37
Альбит	7,2±0,61	3,88±0,11	1,69±0,06	6,44±0,25
Корневин	-	15,85±1,97	1,72±0,12	6,10±0,22
Эпин-Экстра	-	16,41±1,05	1,52±0,09	7,58±0,37

Электронно-микроскопическое изучение клубеньков растений сои сортов Магева и Свапа показало наличие во всех вариантах симбиосом и находящихся в них бактериоидов (рис. 2, табл. 3).

В клубеньках растений сои сорта Свапа, семена которой были обработаны препаратом Эпин-Экстра на фоне инокуляции Ризоторфином, наблюдали наличие большого числа симбиосом, бактериоидов, включений волютина, которые имели большую площадь и минимальное количество включений ПОМ.

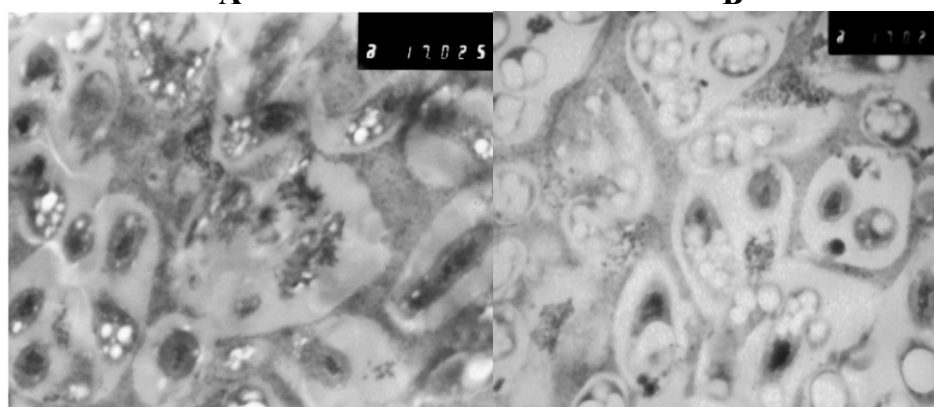
Таблица 3

**Изменение ультраструктуры клубеньков растений сои
сортов Магева и Свапа**

Вариант	Площадь (мкм ²), AREA				Количество, POINT			
	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Воллутина	Симбиосом	Бактероидов	ПОМ	Воллутина
Магева, Ризоторфин	1,89 ± 0,088	0,33 ± 0,012	0,023 ± 0,001	0,039 ± 0,002	8,43 ± 0,410	3,60 ± 0,18	1,19 ± 0,040	3,25 ± 0,130
Магева, Эпин-Экстра	1,33 ± 0,049	0,26 ± 0,008	0,026 ± 0,001	0,026 ± 0,002	7,23 ± 1,430	2,57 ± 0,082	1,46 ± 0,074	2,51 ± 0,140
Свапа, Ризоторфин	1,55 ± 0,070	0,34 ± 0,013	0,021 ± 0,002	0,030 ± 0,002	5,64 ± 0,800	2,73 ± 0,140	1,6 ± 0,110	3,98 ± 0,230
Свапа, Эпин-Экстра	3,30 ± 0,240	0,49 ± 0,054	0,016 ± 0,001	0,034 ± 0,001	8,08 ± 0,87	3,63 ± 0,220	1,61 ± 0,098	6,30 ± 0,49

А

Б



В

Г

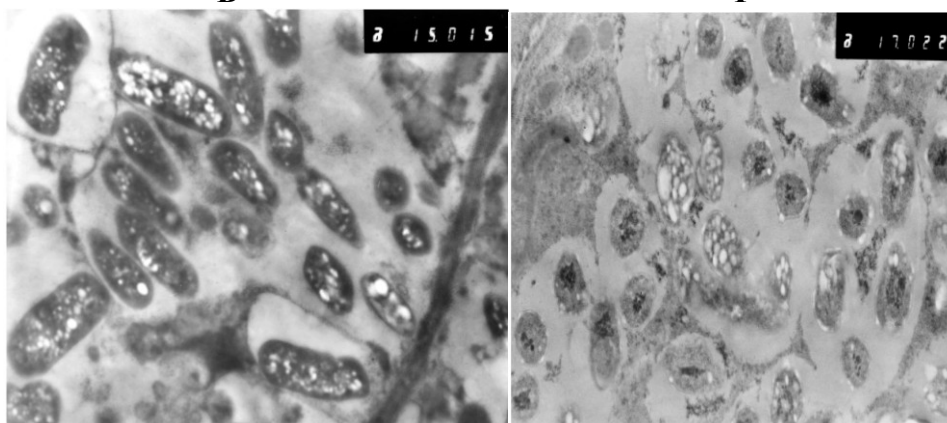


Рис. 2. Ультраструктура клубеньков сои

А – клубеньки сои сорта Магева, образованные при инокуляции семян Ризоторфином, увеличение 17000; Б – клубеньки сои сорта Магева, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 20000; В – клубеньки сои сорта Свапа, образованные при инокуляции семян Ризоторфином, увеличение 15000; Г – клубеньки сои сорта Свапа, образованные при обработке семян Эпином-Экстра, увеличение 17000.

Таким образом, наличие в симбиосах включений волютина и ПОМ для некоторых видов *Bradyrhizobium japonicum* может служить дополнительным признаком активности симбиотической соево-ризобияльной системы.

Заключение

Исследования особенностей ультраструктуры клубеньков растений фасоли и сои разных сортов при обработке семян этих растений биопрепаратом Ризоторфин и регуляторами роста Альбит, Корневин, Эпин-Экстра показало, что у растений фасоли сорта Гелиада под влиянием Корневина происходило увеличение площади бактериоидов и включений волютина, при минимальном количестве ПОМ. Эти показатели у растений фасоли сорта Шоколадница и сои сорта Магева увеличивались под влиянием Ризоторфина. Обработка семян Эпином-Экстра повышала площадь и количество бактериоидов, включений волютина и снижала площадь и количество ПОМ у растений фасоли сорта Гелиада и сои сорта Свапа. Параметры строения симбиосом: наличие включений волютина, ПОМ, ПБП для некоторых видов *Rhizobium* могут рассматриваться как новый дополнительный показатель активности симбиотической системы и использоваться селекционерами при создании сортов бобовых растений, способных формировать эффективный азотфиксирующий симбиоз.

Литература

1. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений //Зернобобовые и крупяные культуры. - 2020. - № 4 (36). – С. 5-17. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11198.
2. Волобуева О.Г. Симбиотическая азотфиксация как фактор экологической безопасности и плодородия почвы //Вестник Российского университета дружбы народов. - 2011. - № 1. – С. 53-60.
3. Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Варламов Н.В. Отзывчивость различных сортов сои на применение органоминеральных микроудобрений //Зернобобовые и крупяные культуры. - 2022. - № 2 (42). – С. 5-15. DOI:10.24412/2309-348X-2022-2-5-15.
4. Волобуева О.Г. Роль биопрепаратов и регуляторов роста в повышении эффективности бобово-ризобияльного симбиоза //В сборнике Современные аспекты структурно-функциональной биологии растений: от молекул до экосистем /Под ред. Пузиной Т.И. – ОрелГУ им. И.С.Тургенева. - 2017. – С. 65-73.
5. Волобуева О.Г. Влияние препарата Эпин-Экстра на содержание фитогормонов в растениях сои разных сортов и эффективность симбиоза //Агрохимия. - 2015. - № 7. – С. 47-54.
6. Волобуева О.Г., Мирошникова М.П., Наумкина Т.С. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на эффективность бобово-ризобияльного симбиоза фасоли // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - № 3 (19). – С. 56-62.
7. Измайлов С.Ф. Симбиосомная мембрана. – М.: Наука. - 2014. – 110 с.

References

1. 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 legumes and groat crops in Russia based on the use of breeding achievements]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no.4(36), pp.5-17. DOI: 10.24411/2309-348Kh-2020-11198. (In Russian)
2. Volobueva O.G. Simbioticheskaya azotfiksatsiya kak faktor ekologicheskoi bezopasnosti i plodorodiya pochvy [Symbiotic nitrogen fixation as a factor of environmental safety and soil fertility]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov*, 2011, no.1, pp.53-60. (In Russian)
3. Zotikov V.I., Zubareva K.Yu., Varlamov N.V. Otzyvchivost' razlichnykh sortov soi na primeneniye organomineral'nykh mikroudobrenii [Responsiveness of different soybean varieties to the use of organomineral microfertilizers]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no.2(42), pp.5-15. DOI: 10.24412/2309-348Kh-2022-2-5-15. (In Russian)
4. Volobueva O.G. Rol' biopreparatov i regul'yatorov rosta v povyshenii effektivnosti bobovo-rizobial'nogo simbioza [The Role of Biological Products and Growth Regulators in Improving the Efficiency of Legume-Rhizobium Symbiosis]. V sbornike Sovremennyye aspekty strukturno-funktsional'noi biologii rastenii: ot molekul do ekosistem. Pod red. Puzinoi T.I. [In the collection Modern aspects of structural and functional biology of plants: from molecules to ecosystems. Ed. Puzina T.I.]. OrelGU im. I.S.Turgeneva, 2017, pp. 65-73. (In Russian)
5. Volobueva O.G. Vliyanie preparata Epin-Ekstra na sodержание fitogormonov v rasteniyakh soi raznykh sortov i effektivnost' simbioza [The effect of Epin-Extra on the content of phytohormones in soybean plants of different varieties and the effectiveness of symbiosis]. *Agrokhiimiya*, 2015, no.7, pp.47-54. (In Russian)
6. Volobueva O.G., Miroshnikova M.P., Naumkina T.S. Vliyanie biopreparatov i regul'yatorov rosta na effektivnost' bobovo-rizobial'nogo simbioza fasoli [Influence of Biological Products and Growth Regulators on the Efficiency of Legume-Rhizobium Bean Symbiosis]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no.3(19), pp.56 -62. (In Russian)
7. Izmailov S.F. Simbiosomnaya membrana [Symbiosomal membrane]. Moscow, Nauka Publ., 2014, 110 p. (In Russian)

**ПАРАМЕТРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ
ЗЕРНОВОГО ТИПА В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ****О.А. ЛЕБКОВА**, научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: olga.lebkova@yandex.ru

Изучались параметры экологической пластичности и стабильности по урожайности семян у 12 сортов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* (L.) Savi.) зернового типа разных периодов селекции в условиях Орловской области. Урожайность семян сортов фасоли зависела от условий года вегетации. Из анализа индекса среды каждого года исследований следует, что условия вегетации 2012 г., 2013 г., 2019 г., не были благоприятными для культуры, индекс среды (I_i) принимал отрицательное значение. Благоприятные погодноклиматические условия сложились в 2020 году, $I_i = 0,30$. Максимальная прибавка урожая семян отмечалась у изученных сортов в 2020 году. Наибольший урожай семян в 2020 году был получен у сортов: Стрела - 3,70 т/га, на 1,15 т/га больше минимального урожая семян полученного в 2019 году, у сорта Маркиза урожайность составила 3,25 т/га, на 0,85 т/га в больше минимального значения 2019 года (сорта селекции 2016-2020 гг.). Также в 2020 году большая урожайность была отмечена у сорта Кустовая без волокна 8 - 3,00 т/га, что больше на 1 т/га, чем в 2013 году (селекция 1940-1950 гг.) и у сорта Горналь – максимальная урожайность за годы исследования – 3,05 т/га (селекция 1980-2000 гг.). По результатам анализа коэффициентов регрессии сортов (b_i), было установлено, что сорта Стрела и Маркиза ($b_i = 1,76$, и $b_i = 1,53$ соответственно) относятся к сортам интенсивного типа; сорта: Сакса без волокна 615 сорт - $b_i = 0,24$, Рубин - $b_i = 0,25$, Шоколадница - $b_i = 0,05$, Нерусса, $b_i = 0,15$ имели реакцию близкую к нейтральной на изменение условий выращивания (сорта экстенсивного типа). Установлены значения коэффициента экологической стабильности σ_d^2 . Среди изученных сортов фасоли обыкновенной, максимальные значения коэффициента σ_d^2 отмечались у сортов Стрела и Маркиза: $\sigma_d^2 = 0,068$, $\sigma_d^2 = 0,052$, что говорит о более низкой, в сравнении с другими, экологической стабильности; у сорта Шоколадница выявлена высокая степень экологической стабильности. ($\sigma_d^2 = 0,0001$). В результате дисперсионного анализа было выявлено, что урожайность семян в годы исследования зависела от сложившихся погодных условий на 29,8%; влияние генотипа на степень проявления признака составляло 23,8%. Взаимодействие факторов генотип $\times$ среда оказывало влияние на урожайность на 4,8%. Таким образом, проведенный анализ показал, что сорта Маркиза и Стрела, имеющие высокий коэффициент экологической пластичности, характерный для сортов интенсивного типа, могут быть рекомендованы в качестве исходного материала для создания сортов с высокой отзывчивостью генотипа на благоприятные изменения условий выращивания. Сорта Сакса без волокна 615, Рубин и Шоколадница характеризовались низкими значениями коэффициента экологической пластичности $b_i < 0,30$, сорта со слабой или нейтральной реакцией на изменения условий выращивания (сорта экстенсивного типа), что позволяет рекомендовать их в качестве источников для создания сортов предназначенных для выращивания в среде менее благоприятной для фасоли обыкновенной.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, урожайность, экологическая пластичность, экологическая стабильность, индекс среды.

Для цитирования: Лебкова О.А. Параметры экологической пластичности фасоли обыкновенной зернового типа в условиях Орловской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 3(43):33-40. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-33-40

ECOLOGICAL PLASTICITY PARAMETERS OF THE COMMON BEAN GRAIN TYPE IN THE CONDITIONS OF THE OREL REGION

O.A. Lebkova

E-mail: olga.lebkova@yandex.ru

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: The parameters of ecological plasticity and stability in terms of seed yield were studied in 12 varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* (L.) Savi.) of grain type of different breeding periods under the conditions of the Orel region. The seed yield of bean varieties depended on the conditions of the growing season. From the analysis of the environment index for each year of research, it follows that the growing conditions of 2012, 2013 and 2019 were not favorable for the crop, the environment index (I_i) took a negative value. Favorable weather and climate conditions have developed in 2020, $I_i = 0,30$. The maximum increase in seed yield in the studied varieties was observed in 2020. The largest seed yield in 2020 was obtained from varieties: Strela - 3.70 t/ha, 1.15 t/ha more than the minimum seed yield obtained in 2019; and Marquise in 2020, the yield was 3.25 t/ha, 0.85 t/ha more than the minimum value for the years of research obtained in 2019 (varieties of the breeding 2016-2020). Also in 2020, a high yield was noted in the Kustovaya variety without fiber 85 - 3.00 t/ha, more by 1 t/ha than in 2013 (breeding 1940-1950), and for the Gornal variety - maximum yield over the years of the study - 3.05 t/ha (breeding 1980-2000). According to the results of the analysis of the regression coefficients of varieties (b_i), it was found that the varieties Strela and Markiza ($b_i = 1.76$ and $b_i = 1.53$, respectively) belong to varieties of intensive type; varieties: Saksa without fiber 615 variety - $b_i = 0,24$, Rubin $b_i = 0,25$, Shokoladnitsa $b_i = 0,05$, Nerussa, $b_i = 0,15$ had a reaction close to neutral to changing growing conditions (extensive varieties). The values of the coefficient of ecological stability σ_d^2 were established. Among the studied varieties of common bean, the maximum values of the coefficient σ_d^2 were observed in varieties Strela and Marquise: $\sigma_d^2 = 0,068$, $\sigma_d^2 = 0,052$, which indicates a lower, in comparison with others, environmental stability; the variety Shokoladnitsa has a high degree of ecological stability ($\sigma_d^2 = 0,0001$). As a result of the analysis of variance, it was revealed that the seed yield in the years of the study depended on the prevailing weather conditions by 29.8%; the influence of the genotype on the degree of manifestation of the trait was 23.8%. The interaction of factors genotype $\times$ environment influenced the yield by 4.8%. Thus, the analysis showed that the varieties Marquise and Strela, which have a high coefficient of ecological plasticity, characteristic of varieties of the intensive type, can be recommended as a source material for creating varieties with a high genotype responsiveness to favorable changes in growing conditions. Varieties Saksa without fiber 615, Rubin and Shokoladnitsa were characterized by low values of the coefficient of ecological plasticity $b_i < 0.30$, varieties with a weak or neutral response to changes in growing conditions (extensive varieties), which allows us to recommend them as sources for creating varieties intended for cultivation in an environment less favorable for common beans.

Keywords: common bean, productivity, ecological plasticity, ecological stability, environment index.

Введение

На современном этапе, благодаря достижениям селекции (*Phaseolus vulgaris* (L.) Savi.), ареал возделывания фасоли обыкновенной расширил свои границы из традиционных Центрального и Южного регионов нашей страны на северо-восток: в Западную Сибирь, Южную лесостепь и Дальний Восток – зоны рискованного земледелия [1, 2].

В суровых агроклиматических условиях северо-восточного ареала возделывания, а также непредсказуемых, часто резко контрастирующих по годам погодных условиях традиционных зон возделывания фасоли обыкновенной, необходимы сорта, способные обеспечить стабильно высокую урожайность семян, даже в самые неблагоприятные годы.

Поэтому, одной из первостепенных задач, стоящих перед селекционерами, является не только оценка и создание новых генотипов исходного материала по основным параметрам признаков семенной продуктивности и технологичности, устойчивости к стрессорам, но и определение адаптивного потенциала сорта по коэффициентам экологической пластичности и стабильности. По значению параметров экологической стабильности и пластичности, можно судить о степени приспособляемости генотипа к неоднородным условиям выращивания [3], что может облегчить работу селекционеров по подбору исходного материала для создания новых сортов, а также рекомендовать для производства сорта с более подходящими для определенной зоны возделывания свойствами.

Материал и методы исследований.

Исследования проводились в 2012...2013, 2019...2020 годах в коллекционном питомнике на опытном участке селекционного севооборота ФНЦ ЗБК.

Объектами исследования являлись 12 сортов фасоли обыкновенной разных периодов селекции зернового типа: Кустовая без волокна Грибовской овощной селекционной опытной станция, р. 1943, Сакса без волокна 615 Воронежской овощной опытной станции, р.1943 (улучшена на Верхне-Хавской овощной опытной станции), Днепровская бомба ВНИИ кукурузы, р.1956, а также сорта селекции ФНЦ ЗБК – Горналь р. 1988, Нерусса р. 1991, Рубин р. 2001, Шоколадница р. 2004, Стрела р. 2016, Маркиза р. 2019, Гелиада р. 2009 (принята стандартом для Орловской области), Услада и 02-173.

Посев широкорядный (ширина междурядий – 45 см) рендомизированный, селекционный сеялкой СКС-6-10 в 2-х кратной повторности. Норма высева 350 тысяч всхожих семян на гектар, площадь делянки 6 м². Уборка делянок однофазная, комбайном «Sampo – 130».

Почва, размещения вариантов изучения – среднекислая, рН солевой вытяжки 4,8-5,0, темно-серая лесная, черноземы с содержанием гумуса в пахотном горизонте 4,6-5,0 %; с повышенным содержанием подвижного фосфора (P₂O₅) – 10,5–12,4 мг/100 г почвы; со средним содержанием обменного калия (K₂O) по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011)– 9,6-10,4 мг/100 г почвы.

Опыты закладывались по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Москва, 1989).

Экологическую пластичность и стабильность генотипов определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) по урожайности семян фасоли обыкновенной, b_i – коэффициент регрессии определялся по формуле:

$$b_i = \frac{\sum X_{ij} + I_j}{\sum I_j^2};$$

где: b_i – коэффициент регрессии,

$\sum X_{ij} + I_j$ – сумма произведения урожайности определенного сорта за определенный год, на соответствующую величину индекса среды .

$\sum I_j^2$ – сумма квадратов индекса условий среды [4, 5].

Сорта с коэффициентом $b_i > 1$ относятся к сортам интенсивного типа, то есть характеризуются отзывчивостью на улучшение условий выращивания; если $b_i = 1$, говорит о том, что урожайность сорта полностью соответствует изменениям условий произрастания; если $b_i < 1$ - сорт экстенсивного типа (мало отзывчив на изменение условий возделывания) [4, 5].

Индекс среды определяли по формуле:

$$I_j = \frac{\sum X_{ij}}{v} - \frac{\sum \sum X_{ij}}{v * n},$$

где: $\sum X_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов в год исследования;

$\sum \sum X_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов за все годы исследования;

v – количество сортов;

n – число лет.

$$\sigma^2_d = \sum \sigma^2_{ij} / (n-2);$$

где $\sum \sigma^2_{ij}$ – сумма квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической;

n – число пунктов [4, 5].

Погодные условия приведены по данными агрометеорологического поста ФНЦ ЗБК (рис. 1, 2). Годы изучения резко отличались по метеоусловиям.

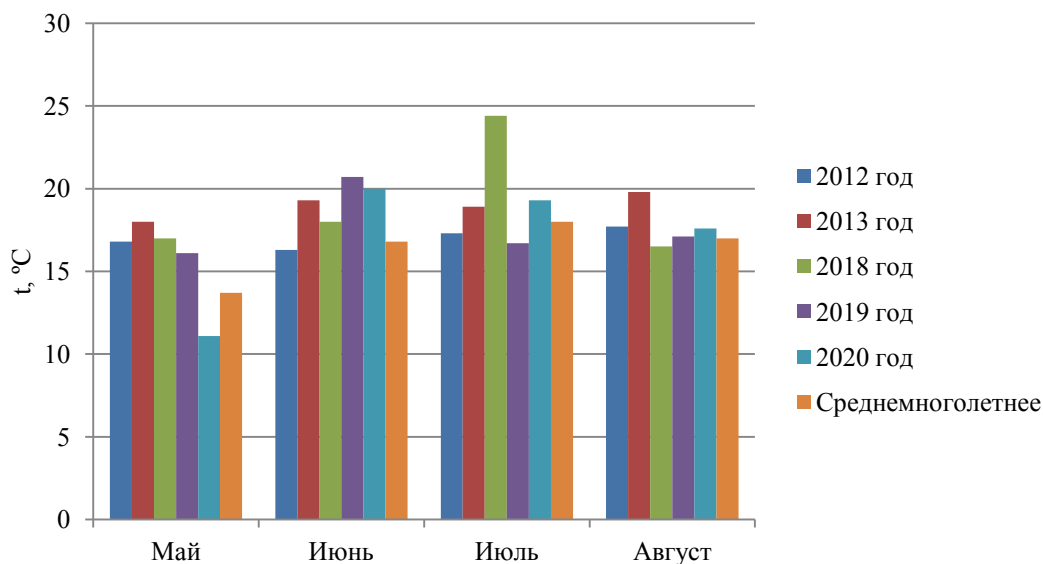


Рис. 1. Гистограмма температур за период вегетации

Май 2012 года был сухим и теплым, температура была чуть выше ее среднемноголетнего значения. Июнь был прохладным и влажным. Минимальная и максимальная температура была отмечена в I декаде июня – 4,1°C, максимальная – 29,6°C. Июль был теплым и сухим, температура в среднем превышала среднемноголетнее значение на 1,2°C, минимальная температура на поверхности почвы отмечалась в I декаде июля 7°C, при минимальной температуре воздуха 9,5°C. Максимальная температура за июль отмечалась во II декаде 32,2°C. Август 2012 был прохладным, за исключением его I декады, когда минимальная температура воздуха достигала значения 10,5°C, а максимальная 36°C. III декада августа была самой холодной, температура воздуха опускалась до минимального значения 3,5°C, при этом температура на поверхности почвы составляла 1°C. В 2013 году температурный режим для фасоли, в целом, сложился относительно благоприятно. Самыми теплыми и влажными были II и III декада мая. I и II декада июня и I декада июля были жаркими максимальная температура в этот период превышала 30°C, минимальная составляла 9,1. III декада июля и I декада августа были более прохладными в сравнении с предыдущими декадами. Температура II и III декады августа превышали показатели среднемноголетних значений на 0,9 и 1,9°C соответственно. В 2018 году посев фасоли провели во II декаде (11 мая), которая была теплее на 1,5°C среднемноголетней нормы. Июнь характеризовался контрастными показателями по температуре воздуха от 1,7°C до 33,3°C. I декада июня была относительно холодной, в начале декады температура воздуха опускалась до 1,7°C, температура на поверхности почвы опускалась до 1°C. II декада июня по температурному режиму была оптимальной, а температура в III декаду резко контрастировала от минимальных за декаду 8,8 до 33,3°C. В целом, температура в июне была выше среднемноголетнего значения на 1,2°C. Июль-август были благоприятными для роста и развития растений. Температура в июле превышала среднемноголетнее значение на 2,4°C. Август 2018 года также был теплым, средняя температура августа, превышала среднемноголетнее значение для данного месяца на 2,8°C. В 2019 году май был оптимальным по температурному режиму в пределах от 13,5°C до 18,8°C. Последующие

месяцы оказались жаркими и сухими, за исключением III декады июля, II декады августа. Самые благоприятные метеоусловия для формирования урожая семян у фасоли обыкновенной сложились в июне – августе 2020 года. Исключением стали II, III декады мая, которые оказались холодными (температура на поверхности почвы опускалась до 0°C), задержав появление всходов более чем на 20 дней, по сравнению с предыдущими годами.

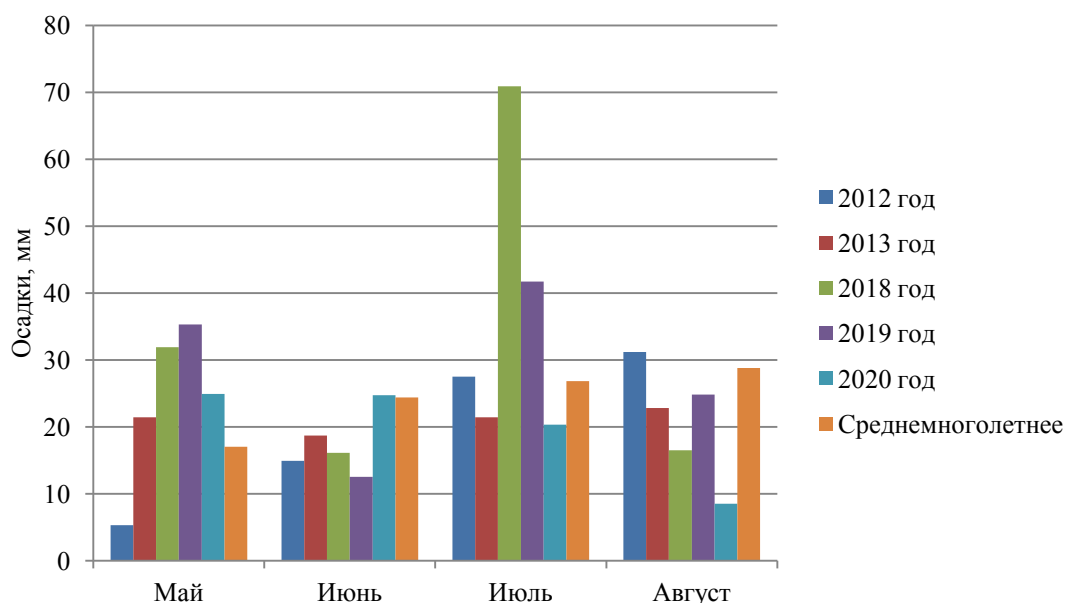


Рис. 2. Гистограмма распределения выпавших осадков за период вегетации

В 2012 году сумма выпавших осадков за вегетационный период фасоли обыкновенной с мая по август составила 223,6 мм, что на 20% ниже нормы. В 2013 году сумма выпавших осадков составила 275,4 мм, на 2% ниже нормы. Сумма выпавших осадков в 2018 году составила 173,5 мм, что на 61% ниже среднемноголетней нормы для Орловской области. В 2019 году сумма выпавших осадков – 297,8 мм на 6% выше нормы, в 2020 году - 938 мм на 236% выше нормы.

По отношению осадков к температурному режиму годы изучения характеризовались следующим образом 2012 год (ГТК по Г. Т. Селянинову – 1,26) и 2013 год (ГТК=1,44) были достаточно влажными, имели оптимальный показатель увлажнения почвы. (ГТК = 1,37) 2019 (ГТК = 1,37) и 2020 годы (ГТК=1,34) – также характеризовались оптимальным значением увлажнения почвы, 2018 (ГТК = 0,72) характеризовался недостаточной увлажненностью почвы.

Исследования проведены в соответствии с методикой полевого опыта, статистическая обработка данных - с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel по методике полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Б. А. Доспехова (2012).

Результаты и их обсуждение

В результате анализа индекса среды каждого года исследований, установлено, что условия вегетации 2012 г., 2013 г., 2019 г., не были благоприятными для культуры, индекс среды (I_s) принимал отрицательное значение. Благоприятные погодно-климатические условия для вегетации фасоли обыкновенной сложились в 2020 году, индекс среды имел положительное значение $I_s = 0,30$ (табл. 1).

Наибольшая урожайность семян отмечалась в группе селекции 2016-2019 гг., в 2020 году – в среднем по группе 3,48 т/га, больше чем в 2018 году на 0,95 т/га, выше, чем в 2019 году на 1,00 т/га (табл. 1). Максимальная прибавка урожая семян в группе выявлена у сорта Стрела в 2020 году 3,70 т/га, на 1,10 т/га больше, чем в 2018 году и на 1,15 т/га больше, чем в 2019 году. У сорта Маркиза в 2020 году урожайность семян составила 3,25 т/га, больше, чем

в 2018 году на 0,80 т/га, а также чем в 2019 году на 0,85 т/га. Наибольшая урожайность в том же году была отмечена у сорта из группы селекции 1940-1950 гг. Кустовая без волокна 85 – 3,00 т/га, больше на 1 т/га, чем в 2013 году (минимальная урожайность семян у сорта за все годы исследования); а также у сорта Горналь (группы селекции 1980-2000 гг.) – 3,05 т/га, на 1,1 т/га выше, чем в 2012 году, когда был получен минимальный за годы исследования урожай семян сорта.

Таблица 1

Средняя урожайность семян фасоли обыкновенной (т/га), параметры экологической пластичности и индекс среды разных периодов селекции

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	b_i	σ^2_d
Селекции 1940-1950 гг.							
Кустовая без волокна 85	2,25	2,00	2,30	2,35	3,00	0,47	0,006
Сакса без волокна 615	2,05	1,83	2,30	2,20	2,40	0,24	0,002
Днепровская бомба	1,70	2,00	2,60	2,35	2,85	0,48	0,007
Среднее	2,00	1,94	2,40	2,30	2,75	-	
Селекции 1980-2000 гг.							
Горналь	1,95	2,09	2,25	2,20	3,05	0,53	0,008
Нерусса	2,05	2,25	2,30	2,20	2,45	0,15	0,001
Среднее	2,00	2,17	2,28	2,20	2,75	-	
Селекции 2001-2009 гг.							
Шоколадница	2,65	2,09	2,30	2,35	2,40	0,05	0,0001
Гелиада (st.)	2,15	2,00	2,30	2,25	2,65	0,30	0,003
Рубин	2,05	2,00	2,40	2,10	2,50	0,25	0,002
Среднее	2,28	2,03	2,33	2,23	2,52	-	
Селекции 2010-2013 гг.							
Улада	2,20	2,00	2,50	2,40	3,25	0,61	0,011
02-173	2,20	1,83	2,30	2,25	2,65	0,34	0,004
Среднее	2,20	1,92	2,40	2,33	2,95	-	
Селекции 2016-2019 гг.							
Стрела	-	-	2,60	2,55	3,70	1,76	0,068
Маркиза	-	-	2,45	2,40	3,25	1,53	0,052
Среднее	-	-	2,53	2,48	3,48	-	-
НСР _{0,05}	0,09	0,03	0,66	0,12	0,68	-	-
I_i	-0,14	-0,24	0,00	-0,30	0,30	-	-

Анализ коэффициентов экологической пластичности сортов (b_i) по урожайности семян показал (табл. 1), что наиболее отзывчивыми на улучшение условий выращивания были сорта Стрела и Маркиза из группы селекции 2016-2019 гг., с коэффициентами регрессии $b_i = 1,76$, и $b_i = 1,53$ соответственно, то есть относятся к сортам интенсивного типа. Наименьшими значениями коэффициента b_i характеризовались сорта: Сакса без волокна 615 из группы селекции 1940-1950 ($b_i=0,24$), сорта группы селекции 2005-2009 гг. Рубин ($b_i=0,25$) и Шоколадница ($b_i=0,05$), а также сорт группы селекции 1980-2000 гг. – Нерусса, ($b_i=0,15$), то есть сорта экстенсивного типа, с низкой или нейтральной реакцией на изменение условий выращивания.

У остальных, сортов коэффициент регрессии $b_i < 1$, и варьировал в пределах 0,30 - 0,61, что говорит о низкой требовательности сортов к условиям произрастания и средней степени их отзывчивости на улучшение условий выращивания.

Значения коэффициента экологической стабильности σ^2_d у изученных сортов фасоли обыкновенной варьировали от 0,0001 до 0,068 (табл. 1). Максимальные значения коэффициента σ^2_d выявлены у сортов Стрела ($\sigma^2_d = 0,068$), и Маркиза ($\sigma^2_d = 0,052$), что говорит о меньшей в сравнении с другими сортами экологической стабильности. Проявление

признака урожайность семян этих сортов, в большей степени зависит от условий произрастания, чем у сортов с коэффициентом σ_d^2 наиболее приближенным к 0. Наибольшую степень экологической стабильности среди исследованных сортов проявлял сорт Шоколадница $\sigma_d^2 = 0,0001$.

По величине коэффициента экологической пластичности в процентном соотношении изученные сорта распределялись следующим образом: 50% сорта, у которых коэффициент экологической пластичности варьировал от 0,30 до 0,61; 33% доля сортов с $b_i < 1$; 15% – сорта с $b_i > 1$. В группу селекции 2016-2019 гг. входили сорта с высоким коэффициентом регрессии b_i , тем не менее, величина коэффициента регрессии сорта не зависела от принадлежности к группе селекции.

Дисперсионный анализ позволил определить степень влияния факторов (условия года произрастания и генотип, их совместное действие), на урожайность изученных сортов фасоли обыкновенной в условиях Орловской области (табл. 2).

Таблица 2

Дисперсионный анализ урожайности семян фасоли обыкновенной

Источник варьирования	Число степеней свободы (df)	Сумма квадратов отклонений (SS)	Средний квадрат отклонений (mS)	Критерий Фишера (F)	Доля влияния фактора, %
Общее	59	8,44	-	-	100
Фактора А (год)	4	3,57	0,89	5,73*	29,8
Фактор В (сорт)	11	2,87	0,26	19,67*	23,8
Взаимодействие (АхВ)	12	0,57	0,08	0,62*	4,8
Повторности	3	1,25	0,42	5,47*	10,4
Случайные факторы	44	2,00	0,05	-	16,6

*Достоверно при $P < 0,001$

Было установлено (табл. 2), что степень проявления признака урожайность семян зависела от условий года на 29,8%, влияние генотипа на степень проявления признака составляло 23,8%. Взаимодействие факторов генотип × среда оказывало влияния на урожайность на 4,8%. Дисперсионный анализ, урожайности семян за годы исследований, подтверждает результаты исследования параметров экологической пластичности сортов фасоли обыкновенной.

Заключение

По результатам анализа сорта интенсивного типа Маркиза и Стрела (характеризующиеся высоким коэффициент экологической пластичности), могут быть рекомендованы в качестве исходного материала для получения новых генотипов с высокой отзывчивостью на благоприятные изменения условий выращивания. Сорта фасоли обыкновенной экстенсивного типа: Сакса без волокна 615, Рубин и Шоколадница и Нерусса (с низкими значениями коэффициента экологической пластичности ($b_i < 0,30$)), также могут быть рекомендованы в качестве исходного материала для создания сортов, менее требовательных к условиям выращивания, предназначенных для возделывания в регионах с более жесткими агроклиматическими условиями.

Литература

1. Миоц О.А., Мирошникова М.П. Обоснование параметров модели высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* (L.) Savi) для Центральной полосы России // Земледелие. - 2021. - № 4. С. 31-34. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10408.
2. Паркина О.В., Акушкина А.В. Экологическая пластичность сортов фасоли овощной в условиях лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). - 2016. - № 2 (39). – С. 36-42. – EDN WIQRWJ.

3. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности масличных сортов подсолнечника селекции ВНИИМК // Масличные культуры. - 2020. – Вып. 3 (183). – С. 31-38.
4. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. – Гродно: ГГАУ, - 2011. – 140 с.
5. Зыкин В.А., Белан И.А. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка). – Уфа, - 2011. – 97 с.

References

1. Miyuts O.A., Miroshnikova M.P. Obosnovanie parametrov modeli vysokoproduktivnogo sorta fasoli obyknovnoy (Phaseolus vulgaris (L.) Savi) dlya Tsentral'noi polosy Rossii [Justification of parameters of the model of high-yielding variety of common bean (Phaseolus vulgaris (L.) Savi) for Central Russia]. *Zemledelie*. 2021, № 4, pp. 31-34. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10408. (In Russian)
2. Parkina, O.V., Akushkina A.V. Ekologicheskaya plastichnost' sortov fasoli ovoshchnoi v usloviyakh lesostepi Priob'ya [Ecological plasticity of vegetable bean varieties in the conditions of the forest-steppe of the Ob region]. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*. - 2016, № 2(39), pp. 36-42. EDN WIQRWJ. (In Russian)
3. Detsyna A.A., Illarionova I.V., Shcherbinina V.O. Raschet parametrov ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti maslichnykh sortov podsolnechnika seleksii VNIIMK [Calculation of Ecological Plasticity and Stability Parameters of Oilseed Sunflower Varieties of VNIIMK Breeding]. *Maslichnye kul'tury*. 2020, edition 3(183), pp. 31-38. (In Russian)
4. Korzun O.S., Bruilo A.S. Adaptivnye osobennosti seleksii i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh rastenii: posobie [Adaptive features of breeding and seed production of agricultural plants: a manual]. Grodno: GGAU Publ., 2011, 140 p. (In Russian)
5. Zykin V.A., Belan I.A. Ekologicheskaya plastichnost' sel'skokhozyaistvennykh rastenii (metodika i otsenka) [Ecological plasticity of agricultural plants (methodology and evaluation)]. Ufa, 2011, 97 p. (In Russian)

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ
ЛЮПИНА БЕЛОГО СЕЛЕКЦИИ ВНИИ ЛЮПИНА
В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОМ РЕГИОНЕ**

А.С. БЛИННИК¹, аспирант, ORCID ID 0000-0001-5995-7155,

E-mail: aleks.blinnik@yandex.ru

А.Г. ДЕМИДОВА², кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-5995-9310, E-mail: ya.demidova-anya@Yandex.ru

М.И. ЛУКАШЕВИЧ³, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-9814-1642, E-mail: lupin_mail@mail.ru

О.Ю. АРТЕМОВА¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-5620-078X, E-mail: kuren.olya@rambler.ru

В.Н. НАУМКИН¹, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0003-2489-710X, E-mail: naumkin47@mail.ru

Л.А. НАУМКИНА¹, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0002-0319-2584

¹ФГБОУ ВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»,

²ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
Г. СТАВРОПОЛЬ

³ВНИИ ЛЮПИНА – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ВИК ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА»,

В течение трёх лет (2019-2021 гг.) на полях коллекционного питомника кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Белгородского государственного аграрного университета им. В.Я. Горина проводили сравнительное испытание сортов и образцов люпина белого зернофуражного направления селекции ВНИИ люпина. Для изучения определили 4 сорта и 26 новых образцов, стандарт в опыте – сорт Мичуринский. Урожайность семян сортов и образцов значительно колебалась по годам в зависимости от складывающихся метеорологических условий конкретного года, однако во все годы большинство их достоверно превысили стандарт по этому показателю. Установлено, что в среднем за 3 года наиболее урожайными являлись образцы СН 17-14, СН 54-08 и СН 12-13, которые превысили стандарт на 43...48%. Прибавка урожайности от 34 до 39% получена у образцов: СН 816-09, СН 1735-10, СН 35-13 и СН 77-17. У сортов Пилигрим и Алый парус, а также четырёх образцов: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16 превышение относительно стандарта составило 21...26%. Сорт Тимирязевский и образцы: СН 1397-10, СН 78-16 и СН 25-11 превзошли стандарт на 13...18%. В тоже время самыми низкоурожайными, значительно уступающими стандарту являлись образцы СН 76-16 и СН 1022-09. Анализ определения коэффициента адаптивности показал, что сорта и образцы, обеспечившие высокую и стабильную по годам урожайность семян, являются и высоко адаптивными к засушливым условиям региона, так как коэффициент превысил у них 100 %. В среднем за 3 года наибольшие его значения от 120,9 до 126,8% получены у образцов: СН 35-13, СН 17-14, СН 54-08, СН 12-13. Немного ниже (на уровне 115,2-116,2%) этот коэффициент у образцов: СН 816-09, СН 1735-10 и СН 77-17. Наименьшим коэффициентом адаптивности от 68,9 до 78,4% отличались образцы: СН 1022-09, СН 76-16 и СН 10-16. Большинство сортов и образцов в опыте по числу бобов на 1 растение и массе семян с 1 растения превысили стандарт. В среднем за 3 года число бобов на 1 растение варьировало от 3,4 штук у образца СН 76-16 до 4,9 у СН 54-08 при 3,9 у стандарта. Наибольшей массой

1000 семян 306,1 г отличался образец СН 25-11, у образцов СН 12-13, СН 2-17 и сорта Алый парус масса 1000 семян превысила 280,0 г. Наименьшим этот показатель был у образцов СН 35-13, СН 816-09 и СН 1022-09, снижение его относительно стандарта составило от 33,6 до 36,8 грамм.

Ключевые слова: люпин белый, сорт, образец, урожайность семян, коэффициент адаптивности.

Для цитирования: Блинник А.С., Демидова А.Г., Лукашевич М.И., Артемова О.Ю., Наумкин В.Н., Наумкина Л.А. Сравнительное испытание сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина Центрально-Чернозёмном регионе. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 3(43):41-49. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-41-49

COMPARATIVE TESTING OF VARIETIES AND SAMPLES OF WHITE LUPINE BREEDING BY THE LUPINE RESEARCH INSTITUTE IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

A. S. Blinnik¹, A. G. Demidova², M. I. Lukashevich³, O. Yu. Artemova¹,
N. V. Naumkin¹, L. A. Naumkina¹

¹FSBEI HE «V.YA. GORIN STATE AGRARIAN UNIVERSITY, BELGOROD»

²FSAEI HE «NORTH-CAUCASUS FEDERAL UNIVERSITY»

³FSBSI «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN» – BRANCH OF FSBSI
«FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND
AGROECOLOGY»

Abstract: For three years (2019-2021) in the fields of the collection nursery of the Department of Plant Production, Breeding and Vegetable Growing of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, a comparative test of varieties and samples of white lupine of the grain-forage breeding direction of the Lupine Research Institute was carried out. For the study, 4 varieties and 26 samples were taken, the standard in the experiment was the Michurinsky variety. The yield of seed varieties and samples varied significantly over the years depending on the prevailing meteorological conditions of a particular year, however, in all years, most of them significantly exceeded the standard for this indicator. It was found that, on average, for 3 years, the most productive samples were CH 17-14, CH 54-08 and CH 12-13, which exceeded the standard by 43...48%. An increase in yield from 34 to 39% was obtained from the samples: CH 816-09, CH 1735-10, CH 35-13 and CH 77-17. In the varieties Pilgrim and Scarlet Sail, as well as four samples: CH 18-13, CH 15-13, CH 55-14, CH 138-16, the excess relative to the standard was 21...26%. The Timiryazevsky variety and samples: CH 1397-10, CH 78-16 and CH 25-11 exceeded the standard by 13...18%. At the same time, the samples CH 76-16 and CH 1022-09 were the lowest yielding, significantly inferior to the standard. The calculation of the coefficient of adaptability showed that the varieties and samples that provided high and stable seed yields over the years are also highly adaptive to the arid conditions of the region, since this coefficient exceeded 100%. On average, for 3 years, its highest values from 120.9 to 126.8% were obtained in samples: CH 35-13, CH 17-14, CH 54-08, CH 12-13. This coefficient is slightly lower (at the level of 115.2-116.2%) in the samples: CH 816-09, CH 1735-10 and CH 77-17. The samples with the lowest coefficient of adaptability from 68.9 to 78.4% differed: CH 1022-09, CH 76-16 and CH 10-16. Most varieties and samples in the experiment exceeded the standard in terms of the number of beans per 1 plant and the weight of seeds from 1 plant. On average, over 3 years, the number of beans per 1 plant varied from 3.4 pieces in the sample CH 76-16 to 4.9 in CH 54-08 with 3.9 in the standard. The largest mass of 1000 seeds of 306.1 g differed in the sample of CH 25-11, in samples of CH 12-13, CH 2-17 and the Scarlet Sail variety, the mass of 1000 seeds exceeded 280.0 g. This indicator was lowest in samples of CH 35-13, CH 816-09 and CH 1022-09, its decrease relative to the standard was from 33.6 to 36.8 grams.

Keywords: white lupin, variety, sample, seed yield, coefficient of adaptability

Необходимым условием интенсивного развития животноводства и птицеводства в России и увеличения производства животноводческой продукции является обеспечение отраслей в достаточном объёме высокобелковыми, дешёвыми кормами. В связи с этим возделывание зернобобовых культур, прежде всего, сои и люпина, которые являются источниками растительного белка, приобретает особую актуальность [1, 2, 3].

В условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона, наряду с соей перспективной, высокорентабельной кормовой культурой является люпин белый, который в наибольшей степени приспособлен к почвенно-климатическим условиям данного региона. Это высокоурожайная, высокобелковая культура, содержание белка в его семенах составляет свыше 35-40%, масла 9-12%, кроме того, в отличие от сои, его семена не содержат ингибиторов трипсина, и поэтому не требуется их термическая обработка [3, 4, 5, 6, 7].

Роль этой культуры с учётом её биологических особенностей, в частности высокой азотфиксирующей способности, возрастает в условиях биологизации земледелия и внедрения энергосберегающих технологий. Почвозащитное значение этой культуры связано с её способностью сокращать эрозионные процессы и восстанавливать плодородие почвы, обеспечивая экологическую безопасность производства [8, 9, 10, 11].

Благодаря созданным во ВНИИ люпина и РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева сортам люпина белого, адаптивным к засушливым условиям Белгородской области, стало возможным возделывание этой культуры в регионе.

Цель исследования – выявить наиболее высокопродуктивные сорта и образцы люпина белого, адаптивные к условиям Белгородской области.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись сорта и образцы люпина белого *Lupinus albus* L. зернофуражного направления, полученные из ВНИИ люпина. В опыте изучались 4 сорта и 26 образцов люпина белого, в качестве стандарта использовался сорт Мичуринский (табл. 1). Исследования по сортоизучению растений люпина белого и оценке их продуктивности проводили в 2019-2021 гг. в полевых опытах коллекционного питомника кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина.

Почва опытного участка – чернозем типичный среднесиловый тяжелосуглинистый. По своим агрохимическим показателям почва в своем составе содержит: органических веществ (по Тюрину) 4,74%; легкогидролизуемого азота 126,4 мг/кг; подвижного фосфора (по Чирикову) 127,5 мг/кг; подвижного калия (по Чирикову) 127,5 мг/кг; железа 20,3 мг/кг; цинка 0,44 мг/кг; марганца 10,1 мг/кг; кобальта 0,39 мг/кг.

Закладку полевого опыта проводили с учётом существующих методических рекомендаций. Опыт мелкоделяночный, площадь учетных делянок – 1,0 м², размещение делянок систематическое, повторность шестикратная. Предшественником люпина белого являлась пшеница яровая. Культуру сеяли в оптимальные сроки при прогревании слоя почвы на глубине заделки семян до +6-7°C сплошным рядовым способом с междурядьями 15 см, нормой высева – 1,3 млн. шт. всхожих семян на га. Агротехника в опыте была общепринятой для региона.

Учёты и наблюдения в опыте проводили согласно Методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985) и Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов (1997). Для расчёта коэффициента адаптивности использовали метод Животкова Л.А. и др. (1994), для статистической обработки результатов исследований - метод дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты и их обсуждение

Во все годы проведения исследований (2019-2021 гг.) осадки распределялись крайне неравномерно по месяцам и декадам вегетационного периода, при этом наблюдался их дефицит в критический по влаге период цветения и налива семян, что не позволило растениям в полной мере реализовать потенциал продуктивности. В целом, можно отметить,

что несмотря на специфическую реакцию изучаемых сортов и образцов на метеорологические условия конкретного года, которая проявилась в значительных колебаниях их урожайности по годам исследований, как и в предыдущие годы, подавляющее большинство их достоверно превысило сорт стандарт по этому показателю.

В 2019 г. была отмечена наибольшая урожайность семян в среднем по сортам и образцам за последние 3 года, при этом достоверно превысили сорт стандарт по урожайности 3 сорта и 18 образцов. Самые высокие её значения были получены у образцов СН 12-13 и СН 54-08, которые составили 524 и 526 г/м², и превысили стандарт на 208 и 210 г/м² или 40%. Урожайность превышающая 450 г/м² получена у образцов СН 816-09, СН 1735-10, СН 77-17 и СН 17-14, превышение у них по сравнению со стандартом составило 30...33%. Урожайность на уровне 400-437 г/м² получена у сорта Алый парус и шести образцов: СН 78-16, СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 20-13 и СН 35-13. Значительно уступили стандарту в условиях 2019 г. (на 56 и 62 г/м²) образцы СН 76-16 и СН 1022-09. Урожайность сорта Дега и пяти образцов находилась на уровне стандарта.

В условиях 2020 г. лидирующие позиции по урожайности занимали образцы СН 12-13, СН 35-13 и СН 17-14, у которых она составила 407, 432 и 412 г/м² и превысили стандарт на 33...37% соответственно. Урожайность свыше 350 г/м² получена у сорта Пилигрим и шести образцов: СН 18-13, СН 816-09, СН 1735-10, СН 54-08, СН 138-16, СН 77-17. Этот показатель находился в интервале от 300 до 350 г/м² у сортов Тимирязевский и Алый парус, и девяти образцов: СН 1397-10, СН 51-11, СН 8-12, СН 78-16, СН 15-13, СН 55-14, СН 71-16, СН 25-11, СН 2-17. В целом можно отметить, что в 2020 г. достоверно превысили стандарт 4 сорта и 18 образцов. Как и в предыдущем году существенное снижение урожайности по сравнению со стандартом отмечено у образцов СН 76-16 и СН 1022-09.

В 2021 г. достоверно превысили стандарт по этому показателю 4 сорта и 14 образцов. Максимальная урожайность семян составила 393 г/м² у СН 35-13, это на 100 г/м² или 25% превысила стандарт. У образцов СН 12-13, СН 54-08, СН 77-17 и СН 17-14 этот показатель превысил 350 г/м². Урожайность в пределах 320-350 г/м² обеспечили 3 сорта и 7 образцов. Существенное снижение урожайности по сравнению со стандартом отмечено всего у шести образцов, два из которых выделились и в предыдущие два года как самые низкоурожайные, к которым добавились СН 39-15, СН 40-15, СН 20-13, СН 10-16.

На основании вышеизложенного можно заключить, что в среднем за 3 года наиболее урожайными, достоверно превосходящими стандарт по этому показателю являлись 3 сорта и 12 образцов. Наибольшую прибавку урожайности по сравнению со стандартом от 43 до 48% обеспечили образцы: СН 17-14, СН 54-08 и СН 12-13. Прибавка урожайности от 34 до 39% получена у образцов: СН 816-09, СН 1735-10, СН 35-13 и СН 77-17. Превысили стандарт на 21...26% сорта Пилигрим и Алый парус, а также 4 образца: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16. У сорта Тимирязевский и образцов СН 1397-10, СН 78-16 и СН 25-11 превышение над стандартом составило от 13 до 18%. В тоже время самыми низкоурожайными, уступающими стандарту на 15 и 16% являлись СН 76-16 и СН 1022-09 (табл. 1).

В условиях часто повторяющихся в данном регионе засух и суховея в весенне-летний период, снижающих урожайность культуры, возделываемые сорта должны быть экологически пластичными с высокой засухоустойчивостью. Одним из показателей, применяемых для количественного выражения экологической пластичности, является коэффициент адаптивности, при этом, если он превышает 100%, то такой сорт считается потенциально высокопродуктивным

Таблица 1

Урожайность семян сортов и образцов люпина белого

Сорт, образец	Урожайность семян, г/м ²			средняя	± к контролю	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.		г/м ²	%
Мичуринский, st	316	274	293	294	-	-
Пилигрим	360	368	339	356	+62	+21
Дега	300	298	312	303	+9	+3
Тимирязевский	340	332	320	331	+36	+13
СН 76-16	260	252	234	249	-46	-15
СН 1022-09	254	232	216	234	-60	-20
СН 1397-10	364	327	307	333	+38	+13
СН 51-11	350	300	282	311	+16	+6
СН 8-12	300	346	322	323	+28	+10
СН 15-15	358	290	270	306	+12	+4
СН 39-15	302	285	265	284	-10	-3
СН 40-15	360	289	269	306	+12	+4
СН 78-16	414	310	291	338	+44	+15
СН 18-13	430	352	327	370	+75	+26
СН 15-13	402	348	324	358	+64	+22
СН 55-14	423	334	311	356	+62	+21
СН 71-16	303	321	302	309	+14	+5
СН 816-09	462	372	346	393	+99	+34
СН 12-13	524	407	370	434	+139	+48
СН 1735-10	466	373	343	394	+100	+34
СН 54-08	526	392	357	425	+131	+45
СН 20-13	437	262	246	315	+21	+7
СН 35-13	400	432	393	408	+114	+39
СН 138-16	386	372	342	367	+72	+25
СН 77-17	451 ⁺	384 ⁺	353 ⁺	396	+102	+35
СН 10-16	296	260	244	267	-28	-9
Алый парус (ПИ-18)	420 ⁺	337 ⁺	327 ⁺	361	+67	+23
СН 25-11	392 ⁺	340 ⁺	313 ⁺	348	+54	+18
СН 2-17	339 ⁺	330 ⁺	307 ⁺	325	+31	+11
СН 17-14	473 ⁺	412 ⁺	375 ⁺	420	+126	+43
НСР ₀₅	23,4	21,0	17,5	-	-	-

Наибольшими коэффициентами адаптивности в опыте в среднем за 3 года, находящимися в интервале от 120,9 до 126,8 % отличаются образцы: СН 35-13, СН 17-14, СН 54-08, СН 12-13, показавшие себя как наиболее урожайные (табл. 1, 2).

Этот показатель находился на уровне 115,2-116,2% у образцов: СН 816-09, СН 1735-10 и СН 77-17. Коэффициент адаптивности превысил 100% у сортов Пилигрим и Алый парус, а также у 5 образцов: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16, СН 25-11. Наименьшим этот показатель был у образцов СН 1022-09, СН 76-16 и СН 10-16 и варьировал от 68,9 до 78,4%, что на 17,9 и 8,4% меньше, чем у стандарта.

Таблица 2

Коэффициент адаптивности люпина белого (среднее за 2019-2021 гг.)

№ п/п	Сорт, образец	Коэффициент адаптивности, %	± к стандарту	№ п/п	Сорт, образец	Коэффициент адаптивности, %	± к стандарту
1	Мичуринский, st	86,8	-	16	СН 55-14	104,2	-
2	Пилигрим	105,1	+18,3	17	СН 71-16	91,4	+4,6
3	Дега	89,8	+3,0	18	СН 816-09	115,2	+28,4
4	Тимирязевский	97,7	+10,9	19	СН 12-13	126,8	+40,0
5	СН 76-16	73,3	-13,5	20	СН 1735-10	115,3	+28,5
6	СН 1022-09	68,9	-17,9	21	СН 54-08	124,0	+37,2
7	СН 1397-10	97,9	+11,1	22	СН 20-13	91,2	+4,4
8	СН 51-11	91,2	+4,4	23	СН 35-13	120,9	+34,1
9	СН 8-12	95,8	+9,0	24	СН 138-16	108,1	+21,3
10	СН 15-15	89,6	+2,8	25	СН 77-17	116,2	+29,4
11	СН 39-15	83,7	-3,1	26	СН 10-16	78,4	-8,4
12	СН 40-15	89,6	+2,8	27	Алый парус (ПРІ-18)	105,9	+19,1
13	СН 78-16	98,8	+12,0	28	СН 25-11	102,3	+15,5
14	СН 18-13	108,3	+21,5	29	СН 2-17	96,0	+9,2
15	СН 15-13	105,1	+18,3	30	СН 17-14	123,3	+36,5

Установить закономерности формирования урожая и проследить его зависимость от многообразия факторов внешней среды (складывающихся погодных условий, применяемых агроприемов) и особенностей биологии культуры позволяет анализ структуры урожая. Очевидна необходимость изучения структуры урожая культуры и взаимной сопряжённости ее структурных элементов, поскольку оптимизация элементов структуры урожая является одним из путей повышения продуктивности посевов в конкретных условиях возделывания.

Одним из элементов структуры урожая, являющимся довольно устойчивым показателем, слабо подверженным влиянию погодных условий и присущим конкретному сорту, является число бобов на 1 растение. В нашем опыте в среднем за 3 года оно варьировало от 3,4 штук у образца СН 76-16 до 4,9 – у СН 54-08.

В значительной степени подвержен колебаниям в зависимости от складывающихся погодных условий и уровня агротехники такой показатель, как масса семян с растения. Большинство сортов и образцов в опыте по этому показателю превысили стандарт, у которого в среднем за 3 года масса семян с растения составила 4,2 г. У 14 образцов и сорта Алый парус она находилась в интервале 5,0-6,0 г. У 3 сортов и 5 сортообразцов люпина белого масса семян с 1 растения была больше 4,0 г. Она варьировала от 4,2 г у стандартного сорта Мичуринский до 4,9 г сортообразца СН 138-16 (табл. 3).

Таблица 3

Элементы структуры урожая люпина белого (среднее за 2019-2021 гг.)

№ п/п	Сорт, образец	Число бобов на 1 растение, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
1	Мичуринский, st	3,9	4,2	273,4
2	Пилигрим	3,7	4,8	252,4
3	Дега	3,7	3,9	271,3
4	Тимирязевский	4,1	4,6	274,6
5	СН 76-16	3,4	3,4	257,2
6	СН 1022-09	3,4	3,8	239,8
7	СН 1397-10	3,9	4,8	260,4
8	СН 51-11	4,0	4,6	263,4
9	СН 8-12	3,5	3,9	258,4
10	СН 15-15	4,0	4,8	254,2
11	СН 39-15	4,2	3,9	244,9
12	СН 40-15	3,9	4,8	255,7
13	СН 78-16	4,3	5,2	278,2
14	СН 18-13	4,1	5,2	265,4
15	СН 15-13	4,3	5,0	273,4
16	СН 55-14	4,0	5,3	261,7
17	СН 71-16	3,8	3,9	250,1
18	СН 816-09	4,6	5,9	237,8
19	СН 12-13	4,8	6,3	280,6
20	СН 1735-10	4,3	6,2	255,8
21	СН 54-08	4,9	6,1	251,0
22	СН 20-13	4,6	5,7	268,5
23	СН 35-13	3,9	5,0	236,6
24	СН 138-16	3,8	4,9	274,4
25	СН 77-17	4,4	6,0	275,7
26	СН 10-16	4,2	5,5	261,3
27	Алый парус (ПРІ-18)	4,1	5,5	292,4
28	СН 25-11	4,0	5,0	306,1
29	СН 2-17	3,7	3,5	284,5
30	СН 17-14	4,4	6,0	256,4

Масса 1000 семян является сортовым признаком, который в тоже время варьирует под влиянием внешних условий. В среднем за 3 года этот показатель был наибольшим у образца СН 25-11 и составил 306,1 г. У образцов СН 12-13, СН 2-17 и сорта Алый парус масса 1000 семян превысила 280,0 г. У сортов Дега, Тимирязевский и четырёх образцов: СН 78-16, СН 15-13, СН 138-16, СН 77-17 этот показатель находился на уровне стандарта. Остальные сорта и образцы уступали стандарту, при этом наименьшей массой 1000 семян отличались СН 35-13, СН 816-09 и СН 1022-09, у которых снижение этого показателя относительно стандарта составило от 33,6 до 36,8 грамм.

Заключение

Наибольшая прибавка урожайности семян в среднем за 3 года от 43 до 48% относительно стандарта получена у образцов: СН 17-14, СН 54-08 и СН 12-13. Прибавка в интервале от 34 до 39% получена у образцов: СН 816-09, СН 1735-10, СН 35-13 и СН 77-17. Сорта Пилигрим и Алый парус, а также 4 образца – СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16 превысили стандарт на 21...26%. Прибавку урожайности семян порядка 13...18% обеспечили сорт Тимирязевский и образцы: СН 1397-10, СН 78-16 и СН 25-11.

Большинство сортов и образцов в опыте по массе семян с растения превысили стандарт, у которого в среднем за 3 года она составила 4,2 г. У 14 образцов и сорта Алый парус она находилась в интервале 5,0-6,0 г. У 3 сортов и 5 сортообразцов люпина белого масса семян с 1 растения была больше 4,0 г и варьировала от 4,2 г у стандарта Мичуринский и до 4,9 г у сортообразца СН 138-16.

Оценка сортов и сортообразцов люпина по адаптивности показала, сорта и образцы, обеспечившие высокую и стабильную по годам урожайность семян, являются и высокоадаптивными к засушливым условиям региона. Коэффициент адаптивности у них превысил 100%. В среднем за 3 года наибольшие его значения от 120,9 до 126,8% получены у образцов: СН 35-13, СН 17-14, СН 54-08, СН 12-13. Несколько ниже (на уровне 115,2-116,2%) этот коэффициент у образцов: СН 816-09, СН 1735-10 и СН 77-17. Наименьшим коэффициентом адаптивности от 68,9 до 78,4% отличались образцы: СН 1022-09, СН 76-16 и СН 10-16.

Литература

1. Артюхов, А. И. Адаптация видов люпина в агроландшафты России // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2015. - № 1(13). - С. 60-67.
2. Артюхов А., Сорокин А., Афонина Е. Люпин в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. // Комбикорма. - 2017. - № 12. - С. 43-46.
3. Гатаулина Г.Г., Шитикова А.В., Медведева Н.В. Влияние стрессовых погодных условий на разных этапах вегетации на формирование элементов продуктивности у сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) селекции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2021. - № 5. - С. 65-76.
4. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В., Шитикова А.В. Люпин белый (*Lupinus albus* L.) - альтернатива сое: новый сорт Тимирязевский // Кормопроизводство. - 2020. - № 1. - С. 36-40.
5. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И. и др. Люпин: селекция, возделывание, использование. // Изд-во Брянск, - 2020. - 304 с.
6. Блинник А.С., Демидова А.Г., Наумкина Л.А., Куренская О.Ю., Лукашевич М.И. Результаты испытания новых сортов и образцов люпина белого в условиях лесостепи Центрально-Чернозёмного региона // Зерновое хозяйство России. - 2021. - № 3(75). - С. 51-56.
7. Наумкин В.Н., Блинник А.С., Артёмов О.Ю., Демидова А.Г., Лукашевич М.И., Яговенко Т.В. Влияние макро- и микроудобрений, их сочетаний на формирование урожайности и качество семян люпина белого в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона // Кормопроизводство. 2021. № 3. С. 32-37.
8. Наумкин В.Н., Блинник А.С., Крюков А.Н., Наумкина Л.А., Стебаков В.А., Артемова О.Ю. Формирование продуктивности семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений в условиях Центрально-Чернозёмного региона // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2 (30). С. 167-177.
9. Наумкин В.Н., Куренская О.Ю., Артюхов А.И., Лукашевич М.И., Яговенко Т.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность люпина белого в лесостепи ЦЧР // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 6. - С. 60-62.
10. Наумкин В.Н., Артюхов А.И., Куренская О.Ю., Стебаков В.А. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании люпина белого в юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона // Вестник аграрной науки. 2019. № 5 (80). С. 18-25.
11. Лопачев Н.А., Хлопяников А.М., Наумкин В.Н., Стебаков В.А., Куренская О.Ю. Элементы биологизации земледелия и повышение их эффективности в Центральном регионе России // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2018. - № 1 (25). - С. 112-118.

References

1. Artyukhov A. I. Adaptatsiya vidov lyupina v agrolandschafty Rossii. [Adaptation of lupine species to agricultural landscapes of Russia] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, № 1(13), pp. 60-67.
2. Artyukhov A., Sorokin A., Afonina E. Lyupin v kormlenii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i ptitsy [Lupin in feeding farm animals and poultry]. *Kombikorma*, 2017, no. 12, pp. 43-46.
3. Gataulina G.G., Shitikova A.V., Medvedeva N.V. Vliyanie stressovykh pogodnykh uslovii na raznykh etapakh vegetatsii na formirovanie elementov produktivnosti u sortov lyupina belogo (*Lupinus albus* L.) selektsii RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva [The influence of stressful weather conditions at different stages of vegetation on the formation of productivity elements in varieties of white lupine (*lupines albus* L.) of breeding of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev] *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2021, no. 5, pp. 65-76, DOI 10.26897/0021-342X-2021-5-65-76.
4. Gataulina G.G., Medvedeva N. V., Shitikova A. V. Lyupin belyi (*Lupinus albus* L.) - al'ternativa soe: novyi sort Timiryazevskii [White Lupin (*Lupinus albus* L.) - alternative to soy: a new variety Timiryazevsky] *Kormoproizvodstvo*, 2020, no. 1, pp. 36-40.

5. Kosolapov V.M., Yagovenko G.L., Lukashevich M.I. et al. Lyupin: selektsiya, vozdel'yvanie, ispol'zovanie [Lupin: breeding, cultivation, use]. Bryansk Publ., 2020, 304 p.
6. Blinnik A.S., Demidova A.G., Naumkina L.A., Kurenskaya O.Yu., Lukashevich M.I. Rezul'taty ispytaniya novykh sortov i obraztsov lyupina belogo v usloviyakh lesostepi Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Results of testing of new varieties and samples of white lupin in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem region] *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2021, no. 3(75), pp. 51-56.
7. Naumkin V.N., Blinnik A.S., Artemova O.Yu., Demidova A.G., Lukashevich M.I., Yagovenko T.V. Vliyanie makro- i mikroudobrenii, ikh sochetanii na formirovanie urozhainosti i kachestvo semyan lyupina belogo v usloviyakh yugo-zapadnoi chasti Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Influence of macro- and micro-fertilizers, their combinations on the formation of yield and quality of white lupine seeds in the conditions of the south-western part of the Central Chernozem region]. *Kormoproizvodstvo*, 2021, no. 3, pp. 32-37.
8. Naumkin V.N., Blinnik A.S., Kryukov A.N., Naumkina L.A., Stebakov V.A., Artemova O.Yu. Formirovanie produktivnosti semyan lyupina belogo v zavisimosti ot mineral'nykh makro- i mikroudobrenii v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Formation of productivity of white lupine seeds depending on mineral macro- and micro-fertilizers in the conditions of the Central Chernozem region] *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2021, no. 2 (30), pp. 167-177.
9. Naumkin V.N., Kurenskaya O.Yu., Artyukhov A.I., Lukashevich M.I., Yagovenko T.V. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na urozhainost' lyupina belogo v lesostepi TsChR [The effect of mineral fertilizers on the yield of white lupine in the forest-steppe of the Central Chernozem region]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2016, no. 6, pp. 60-62.
10. Naumkin V.N., Artyukhov A.I., Kurenskaya O.Yu., Stebakov V.A. Effektivnost' makro- i mikroudobrenii pri vozdel'yvanii lyupina belogo v yugo-zapadnoi chasti Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Efficiency of macro- and microfertilizers in the cultivation of white lupine in the southwestern part of the Central Chernozem region]. *Vestnik agrarnoi nauki*. 2019, no. 5 (80), pp. 18-25.
11. Lopachev N.A., Khlopyanikov A.M., Naumkin V.N., Stebakov V.A., Kurenskaya O.Yu. Elementy biologizatsii zemledeliya i povyshenie ikh effektivnosti v Tsentral'nom regione Rossii [Elements of biologization of agriculture and increasing their efficiency in the Central region of Russia]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018, no. 1 (25), pp. 112-118.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ГОМОСТИЛИИ ЦВЕТКА ДВУХ ЛИНИЙ АВТОГАМНОГО ВИДА *FAGOPYRUM HOMOTROPICUM* OHNISHI

Н.Н. ФЕСЕНКО, кандидат биологических наук

И.Н. ФЕСЕНКО, доктор биологических наук, ORCID ID 0000-0002-3612-422x

ФГБНУ ФНИЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

Посредством межвидовой гибридизации изучена генетическая структура репродуктивной системы *Fagopyrum homotropicum* Ohnishi в общей генетической системе с *F. esculentum* Moench. Гомостилия цветка двух морфологически различных образцов (C9139 и C9606) *F. homotropicum* определяется супергеном S4 (группа сцепления № 4), гипостатичным по отношению к доминантному аллелю супергена гетеростилии S (группа сцепления № 1) и эпистатичным по отношению к рецессивному аллелю s *F. esculentum* Moench. Ген S4 тесно сцеплен с геном SHT (облигатное опадение семян). S4 обоих образцов включает в себя доминантный аллель субгена A (длинные тычинки) и рецессивный аллель субгена G (длинный пестик). По субгену P, определяющему изменчивость размера пыльца выявлен мультиаллелизм: помимо аллелей P (крупная пыльца) и p (мелкая пыльца) обнаружен аллель P_{C9139}, определяющий промежуточный размер пыльца линии C9139 *F. homotropicum*. Транслокация фрагмента генома, включающего S-локус, в другую хромосому, возникшая в процессе формирования вида *F. homotropicum*, могла иметь определенное значение для формирования устойчивости к продолжительному инбридингу. Поскольку S-локус функциональной системы самонесовместимости всегда находится в гетерозиготном состоянии, сцепленные с ним фрагменты генома могут подвергаться отбору на комбинационную способность. Даже если это не универсальное явление, транслокация любого фрагмента может создать ситуацию, когда этот фрагмент будет представлен двумя копиями. И если эти копии немного различаются, будут возникать предпосылки для повышения устойчивости таких генотипов к инбредной депрессии.

Ключевые слова: гречиха, S-локус, множественный аллелизм, гетеростилия, гомостилия.

Для цитирования: Фесенко Н.Н., Фесенко И.Н. Генетический контроль гомостилии цветка двух линий автогамного вида *Fagopyrum homotropicum* Ohnishi. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43):50-56. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-50-56

GENETIC CONTROL OF FLOWER HOMOSTYLY OF TWO ACCESSIONS OF THE AUTOGAMOUS SPECIES *FAGOPYRUM HOMOTROPICUM* OHNISHI

N.N. Fesenko, I.N. Fesenko

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: Using interspecific hybridization the genetic structure of the reproductive system of *Fagopyrum homotropicum* Ohnishi has been studied as a part of a common genetic system with *F. esculentum* Moench. Flower homostyly of two morphologically different accessions (C9139 and C9606) of *F. homotropicum* is determined by single “switch” gene S4 (linkage group #4), which is hypostatic to dominant allele of the heterostyly supergene S (linkage group #1) and epistatic to recessive allele s of *F. esculentum* Moench. S4 gene is tightly linked to SHT gene (seed shattering

habit). S4 of both samples includes the dominant allele of subgene A (long stamens) and the recessive allele of subgene G (long pistil). The P subgene determining pollen size variability was found to be multiallelic: in addition to the P (large pollen) and p (small pollen) alleles, the PC9139 allele was found, which determines the intermediate pollen size of the C9139 accession of F. homotropicum. The translocation of the genome fragment, including the S locus, into another chromosome, which arose during the formation of F. homotropicum, could have a certain significance for the formation of resistance to long-termed inbreeding. Since the S-locus of a functional self-incompatibility system is always heterozygous, genome fragments linked to it can be subjected to selection for combination ability. Even if it is not an universal phenomenon, the translocation of any genome fragment can create a situation where this fragment will be represented by two copies. And if these copies are different, there will be preadaptation for increasing the resistance of such genotypes to inbreeding depression.

Keywords: buckwheat, S-locus, multiallelism, heterostyly, homostyly.

Введение

Fagopyrum homotropicum Ohnishi – самосовместимый вид, произрастающий в Южном Китае [1]. В настоящее время известно несколько форм, объединяемых под этим видовым названием в основном по двум признакам: гомостилия цветка, определяющая самосовместимость и морфологическое сходство с диким подвидом гречихи обыкновенной *F. esculentum* ssp. *ancestrale* [2]. Эти формы различаются уровнем ploидности ($2n=16$ или 32), размером цветка и степенью репродуктивной изоляции от *F. esculentum* [3; 4]. Их эволюционный и таксономический статус уточняется, возможно, некоторые из них являются самостоятельными видами.

Перекрестное опыление в роде *Fagopyrum* Mill. связано с диморфной гетеростилией. Гетеростильный синдром включает альтернативы по длине столбика, длине тычинок и размеру пыльца. Короткостолбчатый тип цветка (короткий пестик, длинные тычинки, крупная пыльца) определяется доминантным аллелем локуса гетеростилии (*S*). Растения с длинностолбчатыми цветками (длинный пестик, короткие тычинки, мелкая пыльца) – рецессивные гомозиготы *ss*. Впервые было выяснено на *Primula* L. [5] и подтверждено на *F. esculentum* [6], что *S*-локус у гетеростильных видов является супергеном, включающим не менее трех тесно сцепленных диаллельных субгенов, контролирующих длину пестика (*G*), длину тычинок (*A*) и размер пыльца (*P*). Мутации субгенов в пределах доминантного супераллеля *GPA* приводят к появлению aberrантных форм цветка, иногда гомостильных и самофертильных [6].

Было показано, что гомостилия цветка одного из образцов *F. homotropicum* определяется одним геном и ведет себя как доминантный признак по отношению к длинностолбчатости *F. esculentum*: расщепление в F_2 соответствуют соотношению 3 гомостилия : 1 длинностолбчатость [7]. Позже с помощью рекомбинационного теста показано, что ген гомостилии образца C9139 *F. homotropicum* неаллелен локусу гетеростилии *F. esculentum*: в F_2 и потомстве анализирующего скрещивания короткостолбчатых гибридов F_1 (*F. esculentum* × C9139) в дополнение к ожидаемым короткостолбчатым и гомостильным растениям появился третий фенотипический класс – длинностолбчатость. Также было показано тесное сцепление локуса гомостилии с доминантным геном *SHT* (SHATTERING) *F. homotropicum*. Локус гетеростилии дикой гречихи обыкновенной *F. esculentum* ssp. *ancestrale* Ohnishi оказался аллельным локусу гетеростилии возделываемого *F. esculentum*, и не был сцеплен с геном *SHT* [8].

Сравнение двух образцов *F. homotropicum* (C9139 и C9606) показывает существенные различия между ними по размеру цветка, размеру пыльца и совместимости в межвидовых скрещиваниях [3]. Образец C9139 выглядел как вид, репродуктивно изолированный от *F. esculentum* в естественных условиях: изоляция может быть преодолена в эксперименте. Образец C9606 формирует крупные цветки, совместим в качестве опылителя с

длинностолбчатыми растениями *F. esculentum* и абсолютно несовместим с короткостолбчатыми [3].

Целью данной работы являлось дальнейшее изучение доминантных генов диких видов, включая проверку их аллелизма и картирование.

Материал и методика исследований

Растительный материал

F. homotropicum: образцы С9139 (с мелкими цветками) и С9606 (с крупными цветками), оба с опадающими семенами;

F. esculentum: гетеростильные сорта и линии с неоппадающими семенами, созданные в ФНИЦ ЗБК: сорта Скороспелая 86 (индетерминантный тип роста) и Дождик (детерминантный тип роста); мутантная форма с узкими листьями, гомозиготная по рецессиву *wl(nr1)* - маркер группы сцепления № 4 [9].

Межвидовые гибриды F_1 (*F. esculentum* × С9139), гомостильные и короткостолбчатые; гомостильные гибриды F_1 (*F. esculentum* × С9606).

Методика

Скрещивания проведены в помещении, свободном от насекомых-опылителей. Анализ расщеплений проведен в полевых условиях. Пыльца измерена с помощью микроскопа, объем пыльцевого зерна рассчитан по формуле эллипсоида вращения $V=(\pi d^2 D)/6$, где *d* - короткий и *D* - длинный диаметры эллипса.

Обозначения типов цветка

К - короткостолбчатость

Д - длинностолбчатость

Г - гомостилия (длинный пестик и длинные тычинки)

Результаты

Гомостилия С9606 определяется геном, аллельным гену гомостилии С9139.

Наследование гомостилии С9606 в скрещивании с длинностолбчатой формой *F. esculentum*.

Гомостилия линии С9606 контролируется моногенно: расщепление в F_2 гомостильного межвидового гибрида *F. esculentum* × С9606 соответствовало 3:1, расщепление в популяции BC_1F_1 (*F. esculentum* × С9606) соответствовало 1:1 (табл. 1).

Таблица 1

Расщепление по типу цветка в F_2 и BC_1F_1 гомостильных гибридов

F. esculentum × С9606 *F. homotropicum*

Гибриды	Тип цветка		Ожидаемое соотношение	χ^2	Р
	Г	Д			
BC_1F_1	78	86	1:1	0,39	0,53
F_2	512	169	3:1	0,01	0,91

Сцепление гена гомостилии образца С9606 с локусом *SHT*.

Все сорта гречихи обыкновенной, созданные в Орловской области, несут одну рецессивную мутацию (*sht*), определяющую устойчивость к опадению семян. Дикie формы гречихи несут доминантный аллель *SHT*, определяющий облигатное опадение семян по разделительному слою. Ранее было установлено, что доминантный аллель *SHT* сцеплен с геном, определяющим гомостилию цветка образца С9139 of *F. homotropicum* [8]. Такие же результаты получены в экспериментах с образцом С9606 (см. табл. 1 и подробности ниже).

Все гомостильные гибриды F_2 (*F. esculentum* × С9606) формировали функциональный разделительный слой на плодоножке, все длинностолбчатые растения были устойчивы к опадению. Среди гибридов BC_1F_1 (*F. esculentum*, Д × Г, F_1) наблюдалось следующее расщепление: 78 растений с гомостильными цветками (75 опадающих : 3 устойчивых к опадению) и 86 растений с длинностолбчатыми цветками (1 опадающее : 85 устойчивых к опадению). Таким образом, частота рекомбинации между этими генами составила от 0 до 2,4%.

Гибриды между С9139 и С9606 не расщепляются по типу цветка и опадению семян.

Гибриды F₁ между образцами С9139 и С9606 ожидаемо были гомостильными с опадающими семенами и, в отличие от линии С9139, были эффективными опылителями для длинностолбчатой формы *F. esculentum*. В комбинации *F. esculentum*, Д × F₁ (С9139 × С9606) получен 61 гибрид, все гомостильные и опадающие. Таким образом, локусы, определяющие гомостилию цветка и развитие функционального разделительного слоя у С9139 и С9606, идентичны.

Ген *SHT* *F. esculentum* сцеплен с локусом *NR1* (*WL*) (группа сцепления № 4).

Узколистная (рецессивная гомозигота по *NR1*) устойчивая к опадению (рецессивная гомозигота по *SHT*) линия скрещена с образцом С9015 с нормальными листьями и опадающими семенами. Скрещивание рецессивной гомозиготы по обоим генам с гибридом F₁ дало следующие результаты: 38 растений с опадающими семенами (соотношение по фенотипу листа 36 нормальных : 2 узких) и 42 устойчивых к опадению растения (4 с нормальными листьями : 38 узколистных). Таким образом, расстояние между этими локусами составляет 7,5% рекомбинации.

Поскольку *S*-ген, определяющий гомостилию цветка *F. homotropicum*, сцеплен с локусом *SHT*, он также относится к группе сцепления №4, и может быть обозначен *S4*.

Анализ расщеплений в потомстве короткостолбчатых межвидовых гибридов *F. esculentum* × С9139.

Прямые данные о том, что гомостилия *F. homotropicum* и гетеростилия *F. esculentum* определяются разными локусами, были получены при сегрегационном анализе потомства F₂ короткостолбчатых межвидовых гибридов *F. esculentum* × С9139: помимо ожидаемых короткостолбчатых и гомостильных растений наблюдался третий фенотипический класс – длинностолбчатые растения (табл. 2).

Таблица 2

**Анализ потомств F₂ и BC₁ короткостолбчатых гибридов F₁
(*F. esculentum* (*F.e.*) × С9139 *F. homotropicum*)**

Hybrid generation	Тип цветка			Ожидаемое соотношение	χ ²	Р	Число генов
	К	Г	Д				
F ₂	136	24	5	12:3:1	5,51	0,05	2
BC ₁ (<i>F.e.</i> , pin × F ₁)	63	21	30	2:1:1	2,68	0,25	2

Поскольку короткостолбчатый межвидовой гибрид, несущий доминантный аллель локуса гетеростилии *F. esculentum*, не мог одновременно нести рецессивный аллель того же локуса от одного и того же родителя, рецессивный аллель *s* может происходить здесь только от *F. homotropicum*.

Тип взаимодействия двух локусов объясняет различия в количестве генов, выявленные при анализе потомства, с одной стороны, гомостильных, а с другой - короткостолбчатых межвидовых гибридов. Потомство F₂ гомостильных гибридов сегрегирует только по локусу *S4* и показывает соотношение 3:1. Гетеростильный локус здесь представлен рецессивной гомозиготой *ss*. В потомстве F₂ короткостолбчатых гибридов наблюдается расщепление по двум локусам: кроме расщепления по локусу *S4* (гомостилия) здесь присутствует расщепление по локусу *S* (гетеростилия). Функциональный аллель локуса *S4* в геноме *F. esculentum* отсутствует.

Мультиаллелизм по субгену *P*, определяющему размер пыльца.

Линии С9139 и С9606 *F. homotropicum* отличаются размером пыльца. Размер (объем) пыльца С9606 немного уступает таковому короткостолбчатой формы *F. esculentum*; пыльца С9139 значительно мельче (табл. 3).

Также линии различаются по размеру цветков. По этому признаку среди гибридов F₂ наблюдается полигенное расщепление [10]. Количественное изменение всех частей цветка могло быть обусловлено только накоплением полимерных генов. Однако наследование

размера пыльцы гибридами F_1 (*F. esculentum* × C9139 *F. homotropicum*) не вполне соответствует этой схеме.

Таблица 3

Размер пыльцы (объем) родительских видов и гибридов F_1 , $\text{mkm}^3 \times 10^3$

Вид, гибрид	Тип цветка	Размер пыльцы
<i>F. esculentum</i>	К	52,2±1,0
<i>F. esculentum</i>	Д	21,7±0,6
<i>F. homotropicum</i> , C9139	Г	27,2±0,8
F_1 (<i>F. esculentum</i> × C9139)	К	44,7±0,8
F_1 (<i>F. esculentum</i> × C9139)	Г	34,3±1,1
<i>F. homotropicum</i> , C9606	Г	48,0±0,6
F_1 (<i>F. esculentum</i> × C9606)	Г	57,9±0,9

Если оба доминантных гена (*S* от *F. esculentum* и *S4* от линии C9139 *F. homotropicum*) содержат один и тот же доминантный аллель субгена *P*, гомостильные и короткостолбчатые гибриды F_1 (*F. esculentum* × C9139) должны формировать пыльцу одинакового размера. Однако пыльца короткостолбчатых гибридов крупнее пыльцы гомостильных (табл. 3).

Таким образом, аллель субгена *P*, определяющий размер пыльцы линии C9139 *F. homotropicum*, отличается как от доминантного, так и от рецессивного аллелей этого субгена у *F. esculentum*. Он был обозначен как P_{C9139} . Количественный эффект замены *P* на P_{C9139} можно рассчитать как разность объемов пыльцы короткостолбчатых и гомостильных гибридов F_1 ($44,7 - 34,3 = 10,4 \text{ мкм}^3 \times 10^3$). Эффект полимерных генов в контроле изменчивости признака эквивалентен фенотипическому различию между растениями, несущими одинаковые аллели основных локусов. Его можно измерить как разность между короткостолбчатыми растениями *F. esculentum* и короткостолбчатыми гибридами F_1 (*F. esculentum* × C9139 *F. homotropicum*) ($52,2 - 44,7 = 7,5 \text{ мкм}^3 \times 10^3$), или между гомостильными гибридами F_1 (*F. esculentum* × C9139 *F. homotropicum*) и гомостильными растениями образца C9139 ($34,3 - 27,2 = 7,1 \text{ мкм}^3 \times 10^3$). Линия C9606 несет доминантный аллель *P* (крупная пыльца) в составе супергена *S4*.

Обсуждение

Открытие самоопыляющегося вида *F. homotropicum*, близкородственного *F. esculentum* [1], породило надежду создать самоопыляющиеся коммерческие сорта гречихи на основе гибридов этих видов, которые вполне жизнеспособны и фертильны в F_1 . Ранее для этой цели пытались использовать самофертильные мутации *F. esculentum* (устные сообщения ряда исследователей). Ближе других к этой цели были Ф.Е. Замяткин (1971) и В.И. Коваленко и др. (1980), которые формировали гомостильные популяции из наиболее адаптированных к самоопылению гомостильных линий. Однако эта работа не получила логического завершения в виде районированных сортов, занимающих заметные площади. Причиной этому явилась высокая степень инбредной депрессии, которую демонстрируют при самоопылении возделываемые сорта гречихи обыкновенной. Об этом свидетельствует и опыт нашей работы в этом направлении. Механизм гетеростилии, обеспечивающий облигатное перекрестное опыление, работает здесь достаточно эффективно, а урожай семян с поля перемешивается при уборке, что обеспечивает ситуацию, близкую к панмиксии. Поэтому за многие десятки поколений сорта гречихи успели накопить изрядный внутрипопуляционный запас рецессивных генов (в том числе неблагоприятных), которые немедленно проявляются после однократного самоопыления.

Иная ситуация в горах Китая, где сохранились популяции дикой гречихи, самосев которых обеспечивается механизмом облигатного опадения созревших плодов. Здесь у новых всходов повышенные сложности с закреплением и выживанием на каменистых склонах, но по этой же причине почти отсутствует межвидовая и внутривидовая

конкуренция. Все выжившие растения демонстрируют альпийский (горный) тип роста, когда надземная часть всходов сначала растет медленно, чтобы растение могло за это время успеть сформировать достаточную корневую систему для закрепления на камнях. Семена, опавшие с одного растения, дают всходы в непосредственной близости друг от друга, за счет чего создается перманентная ситуация "сестринских" скрещиваний. Хотя это более "мягкий" вариант инбридинга, чем самоопыление, такая популяция достаточно эффективно избавляется от рецессивных мутаций с нежелательными эффектами. Кроме того, происходит естественный отбор на устойчивость к инбредной депрессии, то есть преадаптация к возможному переходу к самоопылению в случае появления самофертильной (гомостильной) мутации.

В процессе формирования вида *F. homotropicum* имела место транслокация фрагмента генома, включающего *S*-локус, в другую хромосому. Поскольку *S*-локус функциональной системы самонесовместимости всегда находится в гетерозиготном состоянии, сцепленные с ним фрагменты генома могут подвергаться отбору на комбинационную способность [11]. Даже если это не универсальное явление, транслокация любого фрагмента может создать ситуацию, когда этот фрагмент будет представлен двумя копиями. И если эти копии немного различаются, будут возникать предпосылки для повышения устойчивости таких генотипов к продолжительному инбридингу. Возможно, такая транслокация имела определенное значения для формирования автогамного вида *F. homotropicum*. Однако этого оказалось недостаточно, чтобы самофертильная гречиха смогла спуститься с гор на равнины, где намного выше конкуренция и биологические стрессы (инфекции, вредители), и для выживания необходим гетерозис, как правило, связанный с перекрестным опылением.

Выводы

Гомостилия цветка двух морфологически различных образцов автогамного вида *F. homotropicum* контролируется одним супергеном, локализованным в четвертой группе сцепления, что, вероятно, является результатом транслокации *S*-локуса в другую хромосому, поскольку локус гетеростилии *F. esculentum* относится к первой группе сцепления. Аллели этого супергена различаются. Каждый из них включает рецессивный аллель субгена *G* и доминантный аллель субгена *A*. Образец С9606 несет доминантный аллель *P*, образец С9139 – аллель *P_{C9139}*, отличающийся от обоих ранее известных вариантов этого субгена и определяющий промежуточный размер пыльцевых зерен. Автогамный вид *F. homotropicum* возник в горных районах Китая, то есть в условиях минимальной конкуренции и заметно сниженного биогенного стресса (болезни). Устойчивость к инбредной депрессии формировалась за счет скрещиваний в пределах популяций, имеющих достаточно узкую генетическую основу. В этих условиях мутации, делающие возможным эффективное самоопыление, имеют высокие шансы закрепиться и фактически привести к возникновению нового вида. Однако самофертильная гречиха не смогла спуститься с гор на равнины, где намного выше конкуренция и биологические стрессы, и для выживания необходим гетерозис, как правило связанный с перекрестным опылением.

Литература

1. Ohnishi, O. Discovery of new *Fagopyrum* species and its implication for the studies of evolution of *Fagopyrum* and of the origin of cultivated buckwheat // Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina. - 1995. - P. 175-190.
2. Ohnishi O., Asano N. Genetic diversity of *Fagopyrum homotropicum*, a wild species related to common buckwheat // Genetic Resources and Crop Evolution. – 1999. – V.46. – P. 389-398.
3. Fesenko I.N., Fesenko N.N., Ohnishi O. Compatibility and congruity of interspecific crosses in *Fagopyrum* // Proc. 8th Intl. Symp. Buckwheat at Chunchon. - 2001. - V.1. - P. 404-410.
4. Wang, Y., Scarth R., Campbell C. Comparison between diploid and tetraploid forms of *Fagopyrum homotropicum* in intraspecific and interspecific crossability and cytological characteristics // *Fagopyrum*. - 2002. -V.19. - P.23-29.
5. Ernst A. Heterostylie-Forschung Versuche zur genetischen Analyse eine organisatins und "Anpassung" merkmale // Zeitschrift fur induktive abstammungs- und vererbungslehre. Leipzig. - 1936. - B.71. - No.8. - P. 156-230.
6. Fesenko N.N. The system of buckwheat reproduction: three types of flower homostyly inheritance // Proc. 4th Intl. Symp. Buckwheat at Orel. - 1989. - V.1. - P. 193-201.
7. Campbell C. Interspecific hybridization in the genus *Fagopyrum* // Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina. -1995. - V.1. -P. 255-263.

8. Fesenko N.N., Fesenko A.N., Ohnishi O. Some genetic peculiarities of reproductive system of wild relatives of common buckwheat *Fagopyrum esculentum* // Proc. 7th Intl. Symp. Buckwheat at Winnipeg. -1998. - Part 6. - P. 32-35.
9. Ohnishi O. Analyses of genetic variants in common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench: A review // *Fagopyrum*. - 1990. - V.10. - P. 12-22.
10. Fesenko I.N., Fesenko A.N. Genetic basis of interspecific diversity of floral display size between cultivated outcrosser *Fagopyrum esculentum* Moench. and wild selfer *F. homotropicum* Ohnishi // *Fagopyrum*. - 2011. - V.28. - P.17-21.
11. Stone J. Sheltered load associated with *S*-alleles in *Solanum carolinense* // *Heredity*. - 2004. - V.92. - P. 335-342. doi.org/10.1038/sj.hdy.6800425

References

1. Ohnishi O. Discovery of new *Fagopyrum* species and its implication for the studies of evolution of *Fagopyrum* and of the origin of cultivated buckwheat. *Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina*, 1995, pp. 175-190.
2. Ohnishi O., Asano N. Genetic diversity of *Fagopyrum homotropicum*, a wild species related to common buckwheat. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1999, V.46, pp. 389-398.
3. Fesenko I.N., Fesenko N.N., Ohnishi O. Compatibility and congruity of interspecific crosses in *Fagopyrum*. *Proc. 8th Intl. Symp. Buckwheat at Chunchon*, 2001, V.1, pp. 404-410.
4. Wang, Y., Scarth R., Campbell C. Comparison between diploid and tetraploid forms of *Fagopyrum homotropicum* in intraspecific and interspecific crossability and cytological characteristics. *Fagopyrum*, 2002, V.19, pp. 23-29.
5. Ernst A. Heterostylie-Forschung Versuche zur genetischen Analyse eine organisatins und “Anpassung” merkmals. *Zeitschrift fur induktive abstammungs- und vererbungslehre. Leipzig*, 1936, B.71, No.8, pp. 156-230.
6. Fesenko N.N. The system of buckwheat reproduction: three types of flower homostyly inheritance. *Proc. 4th Intl. Symp. Buckwheat at Orel*, 1989, V.1, pp. 193-201.
7. Campbell C. Interspecific hybridization in the genus *Fagopyrum*. *Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina*, 1995, V.1, pp. 255-263.
8. Fesenko N.N., Fesenko A.N., Ohnishi O. Some genetic peculiarities of reproductive system of wild relatives of common buckwheat *Fagopyrum esculentum*. *Proc. 7th Intl. Symp. Buckwheat at Winnipeg*, 1998, Part 6, pp. 32-35.
9. Ohnishi O. Analyses of genetic variants in common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench: A review. *Fagopyrum*, 1990, V.10, pp. 12-22.
10. Fesenko I.N., Fesenko A.N. Genetic basis of interspecific diversity of floral display size between cultivated outcrosser *Fagopyrum esculentum* Moench. and wild selfer *F. homotropicum* Ohnishi. *Fagopyrum*, 2011, V.28, pp.17-21.
11. Stone J. Sheltered load associated with *S*-alleles in *Solanum carolinense*. *Heredity*, 2004, V.92, pp. 335-342. doi.org/10.1038/sj.hdy.6800425.

УДК 633.17

ПРОСО: СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ (обзор)

И.М. ХАМОКОВА, аспирант, ORCID ID: 0000-0002-6646-0152

E-mail: indirahamokova2022@gmail.com

ФГБОУ ВО КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГАУ ИМЕНИ В.М. КОКОВА

Г. НАЛЬЧИК, РОССИЯ

Благодаря универсальным биологическим особенностям, просо может занимать одно из ведущих мест среди крупяных культур. Несмотря на увеличение посевных площадей и валовых сборов, доля проса в структуре производства зерна составляет 1,1%. Урожайность в ключевых регионах-производителях остается невысокой и находится в пределах 10,1-14,2 ц/га, что в 2-3 раза ниже потенциальной продуктивности новых сортов. Наиболее широкое географическое распространение имеют сорта селекции НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов) и ВНИИЗБК (г. Орел). Селекция проса направлена на повышение адаптивности и стабильности, скороспелости, крупнозерности и тонкопленчатости. Высокой продуктивностью отличаются сорта проса саратовской селекции – Саратовское 12 (23,8 ц/га) и Саратовское желтое (24,4 ц/га). Среди сортов проса посевного ВНИИЗБК выделяется мультилинейный сорт Квартет (31,5 ц/га), обладающий высокой адаптивностью и стабильностью. Рассмотрены сведения о реализации потенциальных сортовых возможностей культуры по продуктивности при использовании минеральных удобрений, биопрепаратов и стимуляторов роста. Результаты анализа позволяют сделать вывод о большей эффективности внесения удобрений под предшествующие культуры севооборота в невысокой дозе полного минерального удобрения $N_{40}P_{60}K_{20}$. Прибавка урожайности проса составляет 42,4%. Применение удвоенной дозы NPK приводит к снижению урожайности на 10,6%. Управление вегетацией растений новых сортов проса с помощью биопрепаратов и стимуляторов роста позволяет повышать продуктивность, рентабельность растениеводства и биоэнергетическую эффективность. Обработка семян препаратом Азоризин-6 повышала продуктивность растений проса в среднем на 11,0%. В условиях Оренбургской области максимальная прибавка (2,37 ц/га) урожая получена при обработке семян Агатом 25. Применение препаратов Блек Джек, Нива люкс и Силиплант без макроэлементов повышает коэффициент энергетической эффективности в среднем на 5,7-22,8%.

Ключевые слова: просо посевное, регионы-производители, сорт, минеральные удобрения, биопрепараты, стимуляторы роста.

Для цитирования: Хамокова И.М. Просо: состояние изученности некоторых элементов технологии (обзор). Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43):57-65. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-57-65

MILLET: THE STATE OF STUDY OF SOME ELEMENTS OF TECHNOLOGY (review)

I.M. Khamokova

E-mail: indirahamokova2022@gmail.com

Abstract: Due to the universal biological features, millet can occupy one of the leading places among cereal crops. Despite the increase in sown areas and gross yields, the share of millet in the structure of grain production is 1,1%. Productivity in key producing regions remains low and is in the range of 10,1-14,2 c/ha, which is 2-3 times lower than the potential productivity of new varieties. The widest geographical distribution is cultivars bred by the Scientific Research Institute of Agriculture of the South-East (Saratov) and VNIIZBK (Orel). Millet breeding is aimed at increasing adaptability and stability, early maturity, coarse grain and thin film. The varieties of millet of Saratov selection – Saratovskoe 12 (23,8 c/ha) and Saratovskoe Zheltoe (24,4 c/ha) are distinguished by high productivity. Among the millet varieties of VNIIZBK, the multiline variety Quartet (31,5 c/ha) stands out, which has high adaptability and stability. Information about the realization of the potential varietal possibilities of the crop in terms of productivity when using mineral fertilizers, biological products and growth stimulants is considered. The results of the analysis allow us to draw a conclusion about the greater efficiency of fertilization for the previous crops of the crop rotation in a low dose of the complete mineral fertilizer $N_{40}P_{60}K_{20}$. The yield increase of millet is 42,4 %. The use of a double dose of NRK leads to a decrease in yield by 10,6 %. Vegetation management of plants of new varieties of millet with the help of biopreparations and growth stimulants allows to increase productivity, profitability of crop production and bioenergetic efficiency. Seed treatment with Azorizin-6 increased the productivity of millet plants by an average of 11,0 %. In the conditions of the Orenburg region, the maximum increase (2,37 c/ha) of the crop was obtained when seeds were treated with Agat 25. The use of Black Jack, Niva Lux and Siliplant preparations without macronutrients increases the energy efficiency coefficient by an average of 5,7-22,8 %.

Keywords: millet, producing regions, variety, mineral fertilizers, biological products, growth stimulants.

Просо посевное относится к особо стратегическим злакам и человечество обращается к ним в период кризисов. Стратегическую ценность проса посевного определяют его биологические особенности: скороспелость и засухоустойчивость, высокий коэффициент размножения, болезнеустойчивость и главное является источником продукта питания – пшена. Благодаря таким универсальным биологическим особенностям, просо может занимать одно из ведущих мест среди крупяных культур.

Посевные площади проса в России за 20-летний период сократились в 3 раза и только с 2019 года, по данным экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-Центр», отмечается восстановление площадей. До этого, несколько лет подряд наблюдалось сокращение посевных площадей (с 594,6 тыс. га в 2015 году до 259,8 тыс. га в 2018 году). В 2019 году, по данным Росстата, в хозяйствах всех категорий посевные площади проса составили 395,1 тыс. га, что на 52,1% (на 135,3 тыс. га) больше, чем в 2018 году. В 2020 году посевные площади проса составили 445,7 тыс. га, а в 2021 году площади под просом снова сократились до 300,5 тыс. га. По размеру площадей проса в 2019 году пятерку регионов России традиционно возглавляла Саратовская область с долей в общих площадях – 35,5%, за ней следовали области: Ростовская (14,7%), Оренбургская (11,0%), Волгоградская (10,0%), Самарская (6,5%).

Несмотря на увеличение посевных площадей и валовых сборов, доля проса в структуре производства зерна составляет 1,1%. Экологически просо – растение аридной и субаридной зон и почвенно-экологические условия ключевых регионов-производителей являются оптимальными для выращивания проса. При том, что просо обладает довольно высокой потенциальной продуктивностью, урожайность в ключевых регионах-производителях была невысокой и находилась в пределах 10,1-14,2 ц/га, что в 2-3 раза ниже потенциальной продуктивности новых сортов. Невысокая реализация урожайных возможностей проса объясняется несовершенством применяемой технологии возделывания [1]. Современные

скороспелые сорта проса селекции ВНИИЗБК обеспечивают продвижение культуры в более северные регионы [2]. Самая высокая урожайность в 2019 году была достигнута по культуре в Курской (21,1 ц/га) и Тамбовской областях (22,7 ц/га).

В связи с тем, что сорт является наиболее экономически эффективным инструментом повышения урожайности культуры, то внедрение новых сортов и гибридов, адаптированных к конкретным почвенно-экологическим условиям, является ключевым элементом в технологии повышения производства зерна проса.

Показателем результативности селекции проса на адаптивность служат данные из Госреестра, показывающие, что наиболее широкое географическое распространение имеют сорта селекции НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов) и ВНИИЗБК (г. Орел) [3]. Сорта проса селекции НИИСХ Юго-Востока отличаются высокой адаптивностью по отношению к абиотическим условиям европейских и зауральских регионов Российской Федерации. Результатами целенаправленной селекционной работы являются сорта Саратовское 6, Саратовское 10, Саратовское 12, Саратовское желтое, с трансгрессивно-усиливающимися приспособительными реакциями, что расширило географию распространения саратовских сортов. Тринадцатилетний период сортоиспытательных работ выявил наиболее продуктивные сорта проса саратовской селекции – это Саратовское 12 (23,8 ц/га) и Саратовское желтое (24,4 ц/га).

Среди сортов проса посевного ВНИИЗБК (г. Орел) выделяется мультилинейный сорт Квартет, обладающий высокой адаптивностью и стабильностью, т.е. в меньшей степени реагирующий на случайные негативные изменения среды. За длительный период испытания (1999-2020 гг) в условиях Центрально-Черноземного региона Квартет показал не только отличную урожайность (31,5 ц/га) и качество крупы, но и фактическую устойчивость к местным популяциям патогена, и был принят в качестве эталона в сортовых испытаниях проса посевного из разных стран в Швейцарии [4]. Сорта проса посевного ВНИИЗБК традиционной селекции Благодатное и Быстрое в этих же испытаниях показали также высокую урожайность – 30,8 и 30,6 ц/га соответственно.

Одним из важных направлений селекционной работы по просу посевному во ВНИИЗБК является селекция на крупнозерность. Создан ряд сортов с массой 1000 зерен, приближающейся к 9 г и превышающей данный показатель. Это сорта Крупноскорое, Казачье и новый сорт Привольное. Всего в Госреестре РФ 11 сортов проса посевного селекции ВНИИЗБК, допущенных к использованию в 9 регионах России. В настоящее время в коллекции крупнозерных форм находятся оригинальные грубопленчатые образцы с массой 1000 зерен более 11 г и тонкопленчатые образцы более 9 г селекции ВНИИЗБК [5].

Селекция проса на крупнозерность ведется также в лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова. Сорта селекции института имеют массу 1000 зерен до 10,8 г. В почвенно-климатических условиях Поволжья, крупность семян проса имеет важное значение, так как она позволяет заделать семена на большую глубину и использовать влагу нижних слоев почвы. Доля сортов проса в Самарской области местной селекции составляет более 45,7 % от занимаемых площадей этой культуры. Все сорта (Горlinka, Крестьянка, Поволжское 59, Заряна, Россиянка, Поволжское 80) адаптированы к почвенно-экологическим условиям региона, обладают высокой пластичностью, способны давать устойчивую продуктивность при достаточно высоком качестве продукции даже в экстремальных условиях (засуха) [6]. В 2019 году, как практический результат научной работы, был передан в Государственное сортоиспытание новый сорт проса посевного Константа. Сорт отличается более высокой по годам урожайностью в сравнении со стандартом Саратовское 6 (до 2,06 т/га) и высокими технологическими и кулинарными качествами [7].

Отдел селекции Нижне-Волжского НИИСХ в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья продолжает работу по адаптации нового и перспективного сорта проса Золушка к условиям Волгоградской области, разрабатывается сортовая технология возделывания этой

культуры. Сорт проса Золушка является лидирующим по урожайности (1,59 т/га) в зоне. В конкурсном испытании сорта Камышинское 98 и Нижне-Волжское показали продуктивность на уровне 0,68 и 0,78 т/га соответственно [8].

В Оренбургском НИИСХ за период с 1937 по 2019 г. было выведено и передано на государственное испытание 13 сортов проса. Селекционные работы направлены на создание сортов проса, устойчивых к осыпанию, пыльной головне, меланозу и неблагоприятным условиям среды с хорошими технологическими качествами зерна и потребительскими свойствами крупы [9]. Новый сорт Оренбургское 27 формирует продуктивность на производственных посевах на уровне 2,3 т с 1 га, что выше, чем у стандарта Оренбургское 20 на 0,27 т с 1 га [10].

Селекционная работа по просу в Воронежском НИИСХ имени В.В. Докучаева была начата в 30-е годы XX века, и с 1969 г. селекция ведется по полной схеме. Оценка сортов экологического сортоиспытания по адаптивной способности позволила выделить экологически пластичные и стабильные по урожайности сорта проса для условий Воронежской области и конкурентоспособные в Центрально-Черноземном регионе России [11]. Это сорта проса Колоритное 15 и Степное 9, сочетающие в себе высокий потенциал продуктивности, выравненность, отличное качество крупы, групповую устойчивость к болезням. Потенциал продуктивности сорта Колоритное 15 составляет 2,6-4,5 т/га. За 2012-2015 гг. урожайность Степного 9 составила 32,0-41,1 ц /га и превысила стандарт Колоритное 15 на 3,0-6,7 ц /га, с общей оценкой качества сорта Степное 9-4,3 балла [12].

Исследования лаборатории селекции и семеноводства колосовых культур ИСХ Кабардино-Балкарского научного центра РАН направлены на создание и внедрение в производство скороспелых сортов проса, устойчивых к экстремальным факторам среды и обеспечивающих стабильное производство по годам проса в Кабардино-Балкарии. В результате проведенных исследований с коллекционными образцами (400 образцов) проса различного географического происхождения созданы новые высокопродуктивные раннеспелые гибридные комбинации и выделен лучший гибрид 9874 Быстрое × 10129 Чегет, который созревает на 10-15 дней раньше стандартного сорта [13]. Новый сорт проса посевного Кавказские зори, включенный в реестр допущенных в 2016 году, характеризуется устойчивостью к пониженным температурам в начальные фазы роста, что позволяет высевать его в более ранние сроки. В производственных посевах урожайность нового сорта составляла 3,86-4,17 т/га, что выше стандарта на 0,63-0,87 т/га.

Для реализации потенциальных возможностей сорта необходимо соблюдение технологии выращивания культуры.

Одним из решающих факторов, влияющих на реализацию урожайности сорта, является режим питания. Растениям проса за короткий период вегетации необходимо сформировать урожай зерна и соломы и уровень урожая будет зависеть от режима питания. Для нормального развития проса необходим достаточный запас легкоусвояемых питательных веществ. При урожае зерна 2,5 т/га просо выносит из почвы около 75-88 кг азота, 32-37 – фосфора и 50-62 кг калия. Представленные В.И. Елисеевым (2016) результаты 6-ти летних исследований в условиях Оренбургской области по влиянию минеральных удобрений и данных по влиянию последствия удобрений на вынос питательных веществ из почвы растениями проса сорта Оренбургское 9 и Оренбургское 20 подтверждают зависимость доли выноса элементов питания зерном и соломой проса от доз и соотношений вносимых минеральных удобрений. В краткосрочных опытах величина выноса питательных веществ составила: азота 70,8; фосфора 27,6; калия 105,1 кг на 1 га, в стационарном опыте: азота 39,0; фосфора 19,3; калия 52,4 кг на 1 га [14].

Эффективность удобрений, в первую очередь, зависит от климатических условий сельскохозяйственного года, гранулометрического состава почвы, уровня плодородия почвы и уровня земледелия. Результат взаимодействия всех этих факторов будут конкретными для каждого сорта в определенных почвенно-экологических условиях и показательными в полевых опытах.

На черноземе обыкновенном среднемощном в центральной зоне Оренбургской области совместное внесение азота и фосфора ($N_{30}P_{30}$) обеспечило прибавку урожая зерна проса в 5,0 ц /га при уровне урожайности проса сорта Оренбургское 9 22,6 ц/га. Внесение калия в различных дозах не оказывало влияние на урожайность проса [15].

На черноземах южных Оренбургской области исследования В.Н. Кравченко, А.И. Тукабаевой (2011) о влиянии различных норм допосевного одностороннего и совместного применения азота и серы при возделывании проса показали эффективность применения азота и серы как в чистом виде, так и при совместном применении. Одностороннее внесение серы в норме 30 кг/га обеспечило максимальную прибавку урожая (5,5 ц/га) в опыте. Прибавка урожая при внесении азота в норме N_{30} и N_{60} составлял 3,6 ц/га. Двухкратное (S_{60}) и трехкратное (S_{90}) увеличении нормы серы снизила прибавку до 5,0-5,1 ц/га, а на фоне N_{90} прибавка снизилась до 1,7 ц/га. Эффективность совместного допосевного применения азота и серы была ниже, прибавка урожая зерна проса составила 2,1-3,3 ц/га. В годы исследования (2008-2009 гг.). выпало одинаковое количество осадков за вегетационный период – 104,4-104,0 мм, но их распределение по месяцам было более благоприятным в 2008 г. В благоприятный год биологическая урожайность проса на варианте одинарного применения серы в норме 30 и совместного применения азота и серы в норме $S_{30}N_{90}$ составляла соответственно 28,9 и 28,8 ц/га [16].

Исследования возможности оптимизации основных факторов жизни по этапам органогенеза проса в Оренбургской области ведутся на протяжении длительного периода. Представленные результаты полевых опытов Елисеевым В.И., Макаровой О.Г., Суровцевой И.С. и др. (2015) свидетельствуют о большей эффективности внесения удобрений под предшествующие культуры севооборота в одинарной дозе полного минерального удобрения $N_{40}P_{60}K_{20}$. Прибавка урожайности проса составляла 5,6 ц/га или 42,4%. Применение удвоенной дозы NPK ($N_{80}P_{120}K_{40}$) в среднем за 20 лет исследований приводило к снижению урожайности на 2,0 ц с 1 га или 10,6% [17].

В опытах с просом Саратовское 10 на черноземе южном азотные удобрения (N_{40}) повысили урожай зерна в среднем на 3,9 ц/га, или 41% к контролю. В экстремально засушливый (ГТК– 0,25) 2010 год урожайность проса на контрольном варианте составляла 5,1 ц/га, на варианте внесения азотного удобрения 7,9 ц/га. В годы средней степени засушливости 2009 (ГТК – 0,5) и 2011 (ГТК – 0,7) урожайность на контроле 8,9 и 17,5 ц/га, на варианте применения азотного удобрения 12,5 и 20,9 ц/га соответственно. В приросте урожайности зерна проса на долю азотных удобрений в экстремально засушливый 2010 год пришлось 56%, когда в более благоприятные 2011 и 2009 года доля в приросте составила соответственно 19,4 и 40,4% [18].

Ретроспективный анализ В.И. Филина и В.И. Балаксиной (2019) результатов краткосрочных и длительных стационарных полевых опытов, проведенных в Волгоградской области установил, что на светло-каштановой почве с низким уровнем плодородия (гумус – 1,50%) показал, что продуктивность посевов на естественном и удобренном агрофонах в очень засушливые годы практически одинакова. Степень влияния удобрений на урожайность в значительной мере зависит от характера распределения осадков в течение вегетации, а также биологических особенностей сортов. По данным сотрудников НВ НИИСХ, полученными за период 1965-1993 гг., коэффициент корреляции (r) между урожайностью зерновых культур и дозой внесенных удобрений равен 0,247, то есть связь между этими показателями слабая.

Данные по фактической урожайности культуры севообороте за 10 лет исследований показывают возможность получения запланированных показателей по просу (1,5 т/га), применяя припосевное удобрение (P_{10}) по неудобренному фону. Средняя урожайность без применения удобрений составляет 1,41 т/га, при внесении удобрений – 1,65 т/га. По сравнению с неудобренным агрофоном длительное систематическое применение удобрений в зернопаропропашном севообороте на светло-каштановой почве обеспечивало увеличение продуктивности культуры на 17,3% [19].

На черноземе обыкновенном с высоким содержанием гумуса (6,6%) улучшение обеспеченности почвы элементами минерального питания урожайность зерна проса сорта Колоритное 15 незначительно, но достоверно повышалась. За 2000-2002 гг. на естественном, повышенном и высоком фонах урожайность зерна проса соответственно составляла 2,12 т/га, 2,29 т/га и 2,32 т/га [20]. Уровень обеспеченности почвы элементами минерального питания и вносимые удобрения под просо оказали влияние на коэффициент расхода влаги на формирование единицы продукции. Наименьший расход (193-218 т) влаги при формировании 1 т зерна проса отмечен на высоком фоне обеспеченности почвы макроэлементами, наибольший (269-275 т) – на естественном фоне.

Сегодня большую актуальность приобретает не только повышение продуктивности, но и экологизация производства продукции растениеводства. Одним из технологических элементов экологизации производства продукции растениеводства является частичная замена минерального азота биологическим. Новым технологиям принадлежит ведущее место в создании и обеспечении оптимальных условий для полной реализации их генетического потенциала. Управление вегетацией растений новых сортов проса с помощью биопрепаратов и стимуляторов роста позволяет повышать продуктивность, рентабельность растениеводства и биоэнергетическую эффективность [21].

Совместное применение соломы, минеральных удобрений и биопрепарата на черноземе типичном в условиях лесостепи Среднего Поволжья обеспечило повышение урожайности сорта проса Орловское-82 на 35 %. Наиболее высокая урожайность зерна проса достигалась при внесении соломы совместно с дополнительной дозой азота 10 кг д.в./т, соломы и биопрепаратом Байкал ЭМ-1, которая составила при применении на естественном фоне 2,97 т/га, на фоне NPK – 3,87 т/га [22].

По результатам исследования эффективности применения бактериальных и минеральных удобрений на черноземе южном в Ростовской области Е.В Агафонов, С.А. Гужвин (2013) выделили лучший из трех бактериальных препаратов (Азоризин-6, Азоризин-8 и штамм 17-1) для инокуляции семян проса. Обработка семян препаратом Азоризин-6 повышала продуктивность растений проса в среднем на 11,0 %. При условии улучшения минерального питания, урожайность проса возрастала на 41,9 %. Урожайность проса в контроле в среднем составила 2,1 т/га, а в варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$ сбор зерна составил 2,98 т/га [23]. Исследователи сделали заключение, что совместное применение минеральных и бактериальных удобрений при возделывании проса является не эффективным, в связи с тем, что результат комплексного применения минеральных и бактериальных удобрений не превышает результат одинарного действия.

В условиях Волгоградской области комплексное применение в посевах проса сорта Волгоградское 4 биопрепарата Мизорин и $N_{65}P_{20}K_{65}$ обеспечило прибавку урожайности проса 0,67 т/га. Применение биопрепарата Мизорин позволило увеличить структурные показатели проса и соответственно повысить продуктивности. Прибавка урожайности проса 0,28 т/га при урожайности на контроле 1,95 т/га, что было меньше на 0,39 т/га эффективности совместного применения минеральных удобрений и биопрепарата [24]. Учитывая экологическую и экономическую сторону вопроса, наиболее предпочтительным представляется одинарное применение биопрепарата.

Эффективными и малозатратными инструментом регуляции продукционных процессов являются регуляторы роста растений. Для проса как культуры аридной и субаридной зон повышение засухоустойчивости будет отождествляться с повышением продуктивности.

Изучение динамики физиологических показателей растений проса сорта Оренбургское 9 под влиянием регуляторов роста Агат 25, Мивал, Фумар, Гуми 20, Крезацин выявило увеличение уровня обводненности тканей и уменьшение проницаемости протоплазмы. Изменения этих параметров свидетельствует о повышении жароустойчивости растений. В условиях Оренбургской области максимальная прибавка (2,37 ц/га) урожая получена при обработке семян Агатом 25 [25]. Предпосевная обработка семян проса сорта Благодатное

Агатом 25 давала повышение по урожайности на 0,31 т/га или 11,6%. По отношению к головне проса, бактериозу семян Агат 25 защитным действием не обладает [26].

Биоэнергетическая оценка стимуляторов роста в технологии выращивания проса сорта Мироновское 51 на Донбассе выявила снижение затрат энергии на 17,1-31,5%, при одинарном применении стимуляторов роста без удобрений. Для повышения зерновой продуктивности и качества урожая при выращивании проса определены наиболее эффективные препараты: Блек Джек (на основе гуминовых веществ), Нива люкс и Силиплант (микроудобрения). Применение препаратов без макроэлементов повышало коэффициент энергетической эффективности в среднем на 5,7-22,8% по сравнению с контролем. На удобренных посевах проса КЭЭ от применения препаратов был выше, чем на контроле в среднем на 17,2% ($N_{30}P_{30}K_{30}$) и 7,4% ($N_{60}P_{60}K_{60}$) [27].

Таким образом, анализ литературных источников, посвященных изучению проса посевного, свидетельствует о большой селекционной работе по культуре в научно-исследовательских институтах ключевых регионах-производителей проса в России. Селекция проса направлена на: повышение адаптивности и стабильности, скороспелость, крупнозерность, тонкопленчатость. Результаты исследований показывает, что в районах основного просоосеяния на черноземных и каштановых почвах просо обеспечивает наибольшую урожайность при внесении удобрений под предшествующие культуры севооборота. Из минеральных удобрений наиболее эффективны азотные и фосфорные при внесении в норме $N_{30}P_{30}$ и $N_{60}P_{60}$. Увеличение дозы минеральных удобрений приводит к снижению урожайности проса. Для полной реализации генетического потенциала необходимо разрабатывать сортовую технологию выращивания проса. Введение в технологию выращивания проса биопрепаратов и стимуляторов роста решает вопросы экологизации производства, повышения рентабельности и энергетической эффективности.

Литература

1. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С. Производство зернобобовых и крупяных культур в России: состояние, проблемы, перспективы // Земледелие. - 2015. - № 4. - С. 3-5.
2. Сидоренко В.С., Бобков С.В., Котляр А.И., Гуринович С.О., Старикова Ж.В. Ареал проса посевного в России // Земледелие. - 2012. - № 5. - С. 9-12.
3. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Милкин А.А. Адаптивность и урожайность сортов проса селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2018. - №4 (28). - С. 78-82. doi: 10.24411/2309-348X-2018-11053.
4. Вилунов С.Д., Сидоренко В.С. Адаптивность и стабильность мультилинейного сорта проса посевного Квартет в сравнении с сортами традиционной селекции // Земледелие. - 2021. - № 4. - С. 35-39. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10409.
5. Котляр А.И., Сидоренко В.С. Крупнозёрные формы проса посевного в коллекции ВНИИЗБК // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2017. - № 4 (24). - С. 70-72.
6. Антимонов А.К., Сыркина Л.Ф., Антимонова О.Н., Косых Л.А. Основные итоги и перспективы развития лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2(2). С. 390-395. doi:10.24411/1990-5378-2018-00135
7. Антимонов А.К., Антимонова О.Н., Сыркина Л.Ф., Косых Л.А. Новый сорт проса посевного Константа // Известия Самарского научного центра РАН. - 2019. - № 6. - С. 5-8.
8. Зеленев А. В., Неймышева А.Н., Смутнев П.А. Достижения селекции проса в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия НВ АУК. - 2017. - № 2 (46). - С. 79-85.
9. Мухитов Л.А., Зоров А.А. Современное состояние и перспективы семеноводства проса посевного в оренбургской области // Зерновое хозяйство России. - 2016. - № 2. - С. 16-19.
10. Камалеев Р.Д., Мороз И.В. Хозяйственные и биологические свойства нового сорта проса посевного Оренбургское 27 // Известия ОГАУ. - 2020. - № 2 (82). - С. 59-63.
11. Сурков А.Ю. Селекция проса в условиях юго-востока ЦЧЗ // Символ науки. - 2016. - № 11-2. - С. 30-32.
12. Сурков А.Ю., Суркова И.В. Новый сорт проса Степное 9 // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - № 1 (17). - С. 74-77.
13. Сокурова Л.Х. Селекция проса посевного на скороспелость // Аграрный вестник Урала. - 2014. - № 10 (128). - С. 34-36.
14. Елисеев В.И. Влияние минеральных удобрений на вынос питательных веществ из почвы растениями проса // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. - 2016. - № 1. - 12 с.
15. Абдрашитов Р.Х., Елисеев В.И. Формирование урожайности проса в зависимости от уровня минерального питания // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2006. - № 9. - С. 244-247.

16. Кравченко В.Н., Тукабаева А.И. Действие серы и азота на урожайность проса // Известия Оренбургского ГАУ. - 2011. Т. 1. - № 29 (1). – С. 44-46.
17. Елисеев В.И., Макарова О.Г., Суровцева И.С., Парфенова И.Т. [и др.] Влияние последствий минеральных удобрений на урожайность проса в 5-польном севообороте в условиях Оренбургского Предуралья // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. - 2015. - № 4. – С. 20.
18. Корсаков К.В., Стрижков Н.И., Пронько В.В. Совместное применение удобрений, гербицидов и регуляторов роста при возделывании овса и проса в Поволжье // Вестник АГАУ. - 2013. - № 4 (102). – С. 16-19.
19. Филин В.И., Балакшина В.И. Эффективность удобрений в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2019. - № 1 (53). – С. 72-80.
20. Беспалова Н.С., Жабин М.А. Влияние обеспеченности почвы элементами минерального питания на урожай и качество проса // Агрохимический вестник. - 2007. - № 3. – С. 27-28.
21. Варавва В.Н., Берестовой А.С. Повышаем урожайность проса, совершенствуя приемы агротехники // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2007. - № 16-1. – С. 41-44.
22. Куликова А.Х., Антонова С.А., Яшин Е.А. Система удобрения проса с использованием соломы на черноземе типичном лесостепи поволжья // Агрохимия. - 2019. - № 9. – С. 37-46.
23. Агафонов Е.В., Гужвин С.А., Клыков В.В., Каменский Н.П. Применение бактериальных и минеральных удобрений под полевые культуры на черноземах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. - 2013. - № 9. – С. 32-34.
24. Петров Н.Ю., Захарова Е.А., Федоренко И.С. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании проса в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2019. - № 1(53). – С. 67-72.
25. Варавва В.Н. Влияние регуляторов роста растений на физиологические показатели и урожайность проса // Вестник ОГУ. - 2006. - № 5. – С. 108-110.
26. Кирсанова Е.В. Изучение эффективности использования биопрепаратов на зерновых, зернобобовых и крупяных культурах // Вестник ОрелГАУ. - 2011. - № 5. – С. 111-115.
27. Садовой А.С., Барановский А.В. Биоэнергетическая оценка применения регуляторов роста растений на посевах проса в условиях Донбасса // Зерновое хозяйство России. - 2021. - № 1 (1). – С. 63-67. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-63-67

References

1. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Sidorenko V.S. Proizvodstvo zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii: sostoyanie, problemy, perspektivy [Production of leguminous and cereal crops in Russia: state, problems, prospects]. *Zemledelie*, 2015, no 4, pp. 3-5. (In Russian)
2. Sidorenko B.C., Bobkov S.V., Kotlyar A.I., Gurinovich S.O., Starikova Zh.V. *Areal prosa posevnogo v Rossii* [Range of millet in Russia]. *Zemledelie*, 2012, no 5, pp. 9-12. (In Russian)
3. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V., Milkin A.A. Adaptivnost' i urozhainost' sortov prosa selektsii FGBNU «NIISKH Yugo-VostokA» [Adaptability and productivity of millet cultivars bred at FGBNU «NIISKH of the South-East». *«Zernobobovye i krupyanye kul'tury»*, 2018, no 4 (28), pp. 78-82. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11053. (In Russian)
4. Vilyunov S.D., Sidorenko V.S. Adaptivnost' i stabil'nost' multitilineinogo sorta prosa posevnogo Kvartet v sravnenii s sortami traditsionnoi selektsii [Adaptability and stability of the multi-linear variety of millet sowing Quartet in comparison with varieties of traditional breeding]. *Zemledelie*, 2021, no 4, pp. 35-39. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10409. (In Russian)
5. Kotlyar A.I., Sidorenko V.S. *Krupnozernnye formy prosa posevnogo v kolleksii VNIIZBK* [Coarse-grained forms of millet in the VNIIZBK collection]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2017, no 4 (24), pp. 70-72. (In Russian)
6. Antimonov A.K., Syrkina L.F., Antimonova O.N., Kosykh L.A. *Osnovnye itogi i perspektivy razvitiya laboratorii selektsii i semenovodstva krupyanykh i sorgovykh kul'tur* [The main results and prospects for the development of the laboratory for breeding and seed production of cereals and sorghum crops]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2018, no 2(2), pp. 390-395. DOI:10.24411/1990-5378-2018-00135 (In Russian)
7. Antimonov A.K., Antimonova O.N., Syrkina L.F., Kosykh L.A. Novyi sort prosa posevnogo Konstanta [A new variety of millet sowing Constant]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2019, no 6, pp. 5-8. (In Russian)
8. Zelenev A.V., Neimysheva A.N., Smutnev P.A. Dostizheniya selektsii prosa v sukhostepnoi zone Nizhnego Povolzh'ya [Achievements of millet breeding in the dry steppe zone of the Lower Volga region]. *Izvestiya NV AUK*, 2017, no 2(46), pp. 79-85. (In Russian)
9. Mukhitov L.A., Zorov A.A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy semenovodstva prosa posevnogo v Orenburgskoi oblasti [The current state and prospects of seed production of millet in the Orenburg region]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2016, no 2, pp. 16-19. (In Russian)
10. Kamaleev R.D., Moroz I.V. Khozyaistvennye i biologicheskie svoystva novogo sorta prosa posevnogo Orenburgskoe 27 [Economic and biological properties of a new variety of millet sowing Orenburgskoe 27]. *Izvestiya OGAU*, 2020, no 2(82), pp. 59-63. (In Russian)
11. Surkov A.Yu. Seleksiya prosa v usloviyakh yugo-vostoka TSCHZ [Millet breeding in the south-east of the CCR]. *Simvol nauki*, 2016, no 11-2, pp. 30-32.

12. Surkov A. Yu., Surkova I.V. Novyi sort prosa Stepnoe 9 [New variety of millet Stepnoe 9]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no 1(17), pp. 74-77. (In Russian)
13. Sokurova L.Kh. Seleksiya prosa posevnogo na skorospelost' [Selection of millet for precocity]. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2014, no 10(128), pp. 34-36. (In Russian)
14. Eliseev V.I. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na vynos pitatel'nykh veshchestv iz pochvy rasteniyami prosa [Effect of mineral fertilizers on the removal of nutrients from the soil by millet plants]. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra URO RAN*, 2016, no 1, pp. 12. (In Russian)
15. Abdrashitov R.Kh., Eliseev V.I. Formirovanie urozhainosti prosa v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya [Formation of millet yield depending on the level of mineral nutrition]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2006, no 9, pp. 244-247. (In Russian)
16. Kravchenko V.N., Tukabaeva A.I. Deistvie sery i azota na urozhainost' prosa [The effect of sulfur and nitrogen on the yield of millet]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, 2011, vol. 1, no 29(1), pp. 44-46. (In Russian)
17. Eliseev V.I., Makarova O.G., Surovtseva I.S., Parfenova I.T. [et al.] Vliyanie posledestviya mineral'nykh udobrenii na urozhainost' prosa v 5-pol'nom sevooborote v usloviyakh Orenburgskogo Predural'ya [Influence of the aftereffect of mineral fertilizers on the yield of millet in a 5-field crop rotation in the conditions of the Orenburg Cis-Urals]. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra Ural Branch RAN*, 2015, no 4. pp. 20. (In Russian)
18. Korsakov K.V., Strizhkov N.I., Pron'ko V.V. Sovmestnoe primeneniye udobrenii, gerbitsidov i regulyatorov rosta pri vozdeleyvanii ovsa i prosa v Povolzh'e [Combined application of fertilizers, herbicides and growth regulators in the cultivation of oats and millet in the Volga region]. *Vestnik AGAU*, 2013, no 4(102), pp. 16-19. (In Russian)
19. Filin V.I., Balakshina V.I. Ehffektivnost' udobrenii v sukhostepnoi zone kashtanovykh pochv Volgogradskoi oblasti [Efficiency of fertilizers in the dry steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2019, no 1(53), pp. 72-80. (In Russian)
20. Bespalova N.S., Zhabin M.A. Vliyanie obespechennosti pochvy ehlementami mineral'nogo pitaniya na urozhai i kachestvo prosa [Influence of soil provision with mineral nutrition elements on the yield and quality of millet]. *Agrokhimicheskii vestnik*, 2007, no 3, pp. 27-28. (In Russian)
21. Varavva V.N., Berestovoi A.S. Povyshaem urozhainost' prosa, sovershenstvuya priemy agrotekhniki [We increase the yield of millet by improving agricultural practices]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2007, no 16-1. pp. 41-44. (In Russian)
22. Kulikova A.Kh., Antonova S.A., Yashin E.A. Sistema udobreniya prosa s ispol'zovaniem solomy na chernozeme tipichnom lesostepi Povolzh'ya [Millet fertilization system using straw on a typical chernozem of the Volga forest-steppe]. *Agrokhimiya*, 2019, no 9. pp. 37-46. (In Russian)
23. Agafonov E.V., Guzhvin S.A., Klykov V.V., Kamenskii N.P. Primeneniye bakterial'nykh i mineral'nykh udobrenii pod polevye kul'tury na chernozemakh Rostovskoi oblasti [The use of bacterial and mineral fertilizers for field crops on the chernozems of the Rostov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2013, no 9, pp. 32-34. (In Russian)
24. Petrov N.Yu., Zakharova E.A., Fedorenko I.S. Ehffektivnost' primeneniya biopreparatov pri vyrashchivanii prosa v Volgogradskoi oblasti [The effectiveness of the use of biological products in the cultivation of millet in the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2019, no 1(53), pp. 67-72. (In Russian)
25. Varavva V.N. Vliyanie regulyatorov rosta rastenii na fiziologicheskie pokazateli i urozhainost' prosa [Effect of Plant Growth Regulators on Physiological Indicators and Yields of Millet]. *Vestnik OGU*, 2006, no 5. pp. 108-110. (In Russian)
26. Kirsanova E.V. Izuchenie ehffektivnosti ispol'zovaniya biopreparatov na zernovykh, zernobobovykh i krupyanykh kul'turakh [The study of the effectiveness of the use of biological products on cereals, legumes and cereals]. *Vestnik OreLGau*, 2011, no 5, pp. 111-115. (In Russian)
27. Sadovoi A.S., Baranovskii A.V. Bioenergeticheskaya otsenka primeneniya regulyatorov rosta rastenii na posevakh prosa v usloviyakh Donbassa [Bioenergetic assessment of the use of plant growth regulators on millet crops in the conditions of Donbass]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2021, no 1(1), pp. 63-67. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-63-67. (In Russian)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

И.В. ЛЯШКОВ, К.Н. БИРЮКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,

А.И. ГРАБОВЕЦ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корр. РАН

С.А. КОВАЛЕНКО

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0278-9354>, <https://orcid.org/0000-0002-4524-571X>,

<https://orcid.org/0000-0002-1530-7721>, <https://orcid.org/0000-0003-0726-7499>

E-mail: i.lyahkov@yandex.ru

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

В статье приведены данные по особенностям некорневых подкормок сортов яровой твердой пшеницы Вольнодонская, Донская элегия, Мелодия Дона в условиях северо-западной зоны Ростовской области. Для этого региона характерно постепенное изменение климата, которое выражается в нарастании его континентальности. Предшественник в опыте – чечевица. Подготовка почвы под посев яровой пшеницы – общепринятая для зоны возделывания. Система удобрений предусматривала основное внесение фосфорсодержащих туков под вспашку, некорневые подкормки жидким комплексным удобрением в фазе выхода в трубку, карбамидом – в фазе колошения. Норма высева – 5 млн/га по всем агрофонам, глубина заделки семян – 4-5 см, площадь деланки – 50 м², повторность опыта трехкратная. 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-NO₃ + N-NH₄) – 20 мг/кг почвы, фосфора (P₂O₅) – 29 мг/кг, калия (K₂O) – 354 мг/кг. Экспериментальные исследования проводили в 2011-2018 годах.

Результаты исследований позволили установить, что в засушливых условиях система некорневых подкормок яровой твердой пшеницы должна строиться на количестве доступных фосфатов в почве. При низком содержании этого элемента востребована подкормка жидким комплексным удобрением дозой 50 кг/га в физическом весе в фазе выхода в трубку. При этом рост урожайности составляет 20% в среднем по сортам. При среднем или высоком уровне фосфатов в почве актуальна подкормка карбамидом дозой 65 кг/га в фазе колошения. Увеличение продуктивности достигает уровня 23-35%.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, минеральные удобрения, некорневые подкормки, жидкое комплексное удобрение, карбамид, урожайность, содержание белка, окупаемость.

Для цитирования: Ляшков И.В., Бирюков К.Н., Грабовец А.И., Коваленко С.А. Агроэкологическая оценка применения некорневых подкормок на яровой пшенице в условиях меняющегося климата. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43):66-72. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-66-72

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE USE OF FOLIAR FERTILIZING ON SPRING WHEAT IN A CHANGING CLIMATE

I.V. Lyashkov, K.N. Biryukov, A.I. Grabovets, S.A. Kovalenko

FSBSI «FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER»

Abstract: *The article presents data on the peculiarities of non-root top dressing of spring durum wheat varieties Volnodonskaya, Donskaya ehlegiya, Melodiya Dona in the conditions of the north-western zone of the Rostov region. This region is characterized by gradual climate change, which is expressed in the increase of its continentality. The predecessor in the experiment is lentils. Preparation of the soil for sowing spring wheat is generally accepted for the cultivation zone. The fertilizer system provided for the main application of phosphorus-containing fertilizers for plowing, non-root fertilizing with liquid complex fertilizer in the tube exit phase, carbamide in the earing phase. The seeding rate is 5 million/ha for all agrofields, the depth of seeding is 4-5 cm, the area of the plot is 50 m², the repetition of the experience is three times. Soil of the experimental site is represented by southern carbonate chernozem. The amount of humus in the arable layer was 3.2%. The number of mobile forms of macronutrients in the arable soil layer was as follows: total nitrogen (N-NO₃+ N-NH₄) – 20 mg/kg of soil, phosphorus (P₂O₅) – 29 mg/kg, potassium (K₂O) – 354 mg/kg. Experimental studies were conducted in 2011-2018.*

The results of the research allowed us to establish that in arid conditions, the system of non-root fertilizing of spring durum wheat should be based on the amount of available phosphates in the soil. With a low content of this element, top dressing with a liquid complex fertilizer with a dose of 50 kg/ha in physical weight in the tube exit phase is in demand. At the same time, the yield growth is 20% on average for varieties. With an average or high level of phosphates in the soil, top dressing with carbamide at a dose of 65 kg/ha in the earing phase is relevant. The increase in productivity reaches the level of 23-35%.

Keywords: spring durum wheat, mineral fertilizers, foliar fertilizing, liquid complex fertilizer, carbamide, yield, protein content, payback.

Введение

По прогнозам экспертов дефицит зерна твёрдой пшеницы на мировом рынке будет постоянно возрастать. Учитывая, что в мире пригодных для получения высококачественного зерна твёрдой пшеницы территорий не так много, расширение посевов и производство зерна этой культуры в нашей стране будут увеличиваться. В связи с этим, помимо традиционных степных агроэкологических регионов Поволжья и Урала, значительное расширение посевов яровой твёрдой пшеницы в ближайшее время может иметь место в черноземных областях юга России, где одним из основных лимитирующих факторов является влага [1]. В Ростовской области яровая твердая пшеница является страховой культурой на случай гибели озимых. Также она считается экономически важной продовольственной культурой за счет качественных показателей зерна. Достоинства зерна этой пшеницы определяются повышенной стекловидностью, высоким содержанием хорошо сбалансированного белка [2]. Агроклиматические условия региона позволяют получать зерно высокого качества, но под влиянием ряда биотических и абиотических стресс-факторов не всегда реализуются потенциалы используемых сортов. Основным фактором, дестабилизирующим производство зерна яровой твёрдой пшеницы, являются засуха и высокие температуры воздуха во время вегетации. Расход воды на формирование 1 центнера зерна в зависимости от погодных условий и приёмов возделывания колеблется от 4 до 32 мм, чаще составляет 10-15 мм (320-400 мм с 1 га). Наибольшее потребление воды происходит в фазе выхода растений в трубку и колошения – 50-60% от общей потребности за период вегетации. Недостаток влаги в почве в этот период деструктивно влияет на развитие колоса, последующие осадки не могут исправить положение. На величину транспирационного коэффициента (расход воды на образование единицы сухого вещества) оказывают влияние многие факторы, в том числе – рациональная работа с удобрениями [3].

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 идет постоянный поиск решений по улучшению условий питания твёрдой яровой пшеницы за счет грамотного применения минеральных удобрений [4].

Для засушливых условий крайне важно внесение удобрений в легкодоступной для растений форме, поэтому большую роль играют некорневые подкормки, которые проводятся по вегетирующим растениям [5]. 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 [6]. 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 твердой пшеницы. 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.

Цель исследований - выявление наиболее оптимальных и экономически обоснованных вариантов некорневых подкормок при возделывании яровой твёрдой пшеницы в условиях меняющегося климата.

Материалы и методы исследований

Исследования были выполнены в отделе селекции и семеноводства пшеницы и тритикале ФРАНЦ в 2011-2018 гг. в северо-западной зоне Ростовской области.

Почва опытного участка представлена черноземом южным карбонатным среднесильным. 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 pH в гумусовом горизонте была на уровне 7,0-7,7. Этот вариант был принят в опыте за фон без удобрений (контроль).

Объектом изучения были сорта яровой твердой пшеницы Вольнодонская, Донская элегия, Мелодия Дона. Предшественник – чечевица. Подготовка почвы под посев яровой пшеницы – общепринятая для зоны возделывания. Посев проводили в оптимальные сроки (март-апрель, 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 делянки – 50 м², повторность опыта трехкратная.

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 расчета 50 кг/га в физическом весе (25 кг/га по д.в.). Расход рабочего раствора составил 200 л/га. Карбамид вносили в фазе колошения из расчета 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 – условно низкий агрофон;
- 2) 100 кг/га аммофоса ($N_{12}P_{52}$) – условно средний агрофон;
- 3) 200 кг/га аммофоса ($N_{24}P_{104}$) – условно высокий агрофон.

Уходные работы выполнили в сжатые сроки. Учет урожайности яровой пшеницы 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) [7].

Результаты и обсуждение

Погодные условия в годы проведения исследований сложились по-разному для роста и развития растений яровой пшеницы. По данным метеопоста поселка Донская Нива в 2011, 2012, 2013, 2015 гг. среднегодовое количество осадков было ниже среднееголетних значений. В эти годы выпало от 313 до 435 мм за год (многолетний показатель 451 мм). Соответственно, в 2014, 2016, 2017, и 2018 гг. количество осадков было 458-567 мм. В практической работе более актуальным является не общее количество влаги за год, а распределение осадков по периодам вегетации. Весенне-летний период (март-июнь) 2012, 2013 и 2018 годов характеризовался низким количеством влаги. Суммарно выпало 114, 113 и 124 мм, соответственно (при среднееголетней норме 166 мм). Максимальное количество осадков в этот период выпало в 2015, 2016 и 2017 гг. (172-196 мм). Фаза формирования зерновки и налива зерна в 2011, 2012, 2013, 2015, 2018 гг. проходила при очень жестком лимите по увлажнению, также в этот период наблюдали высокие температуры воздуха. В 2014, 2016, 2017 гг. погодные условия в эти фазы развития яровой пшеницы были в целом благоприятными.

В результате проведенного эксперимента было установлено, что использование для некорневой подкормки жидкого комплексного удобрения позволило увеличить урожайность пшеницы в среднем по сортам на 0,27 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние некорневой подкормки ЖКУ на урожайность яровой твёрдой пшеницы, т/га (среднее за 2011-2018 гг.)

Агрофон (фактор А)	Сорт (фактор В)			Среднее по сортам
	Вольнодонская	Донская элегия	Мелодия Дона	
Без удобрений (базовый вариант)	1,98	2,12	2,00	2,03
ЖКУ	2,34	2,47	2,47	2,43
Прибавка	0,36	0,35	0,47	0,39
N ₁₂ P ₅₂ (базовый вариант)	2,16	2,28	2,19	2,21
N ₁₂ P ₅₂ + ЖКУ	2,43	2,53	2,49	2,48
Прибавка	0,27	0,25	0,30	0,27
N ₂₄ P ₁₀₄ (базовый вариант)	2,23	2,42	2,27	2,31
N ₂₄ P ₁₀₄ + ЖКУ	2,41	2,59	2,37	2,46
Прибавка	0,18	0,17	0,10	0,15
НСР ₀₅ (фактор А) = 0,07				
НСР ₀₅ (фактор В) = 0,05				
Доля влияния фактора А – 82,0%				
Доля влияния фактора В – 15,3%				
Доля случайного влияния – 2,7%				

В ходе опыта была установлена определенная закономерность эффективности применения ЖКУ в зависимости от уровня агрофона. Наибольшая отдача этой подкормки была на низком агрофоне, т.е. там, где фосфорные туки с осени не вносили. Уровень прибавки составил от 0,35 до 0,47 т/га. При базовом варианте N₁₂P₅₂ величина прибавки от использования ЖКУ снизилась на 0,12 т/га. При увеличении фосфорных туков до уровня P₁₀₄ (высокий агрофон) величина прибавки составила всего 0,15 т/га. При среднем и высоком уровне агрофона сорта в среднем на 17% были продуктивнее, чем на фоне без удобрений.

В данном контексте сортовые особенности не имели значения, поскольку сорта яровой пшеницы по своей реакции на подкормку ЖКУ соответствовали установленной закономерности. Высокая отзывчивость яровой твердой пшеницы на низком 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 среднем и высоком агрофонах дефицита фосфора растения, как правило, не испытывали.

Некорневая подкормка карбамидом позволила увеличить урожайность яровой пшеницы в среднем по агрофонам и сортам на 0,29 т/га (табл. 2).

В данном опыте была установлена четкая закономерность: чем выше количество доступных фосфатов в почве, тем выше прибавки от внесения карбамида. На низком агрофоне средняя величина прибавки урожая при проведении подкормки составила 0,15 т/га, на среднем агрофоне – 0,28, на высоком – 0,43.

Таблица 2

Влияние некорневой подкормки карбамидом на урожайность яровой твёрдой пшеницы, т/га (среднее за 2011-2018 гг.)

Агрофон (фактор А)	Сорт (фактор В)			Среднее по сортам
	Вольнодонская	Донская элегия	Мелодия Дона	
Без удобрений (базовый вариант)	1,98	2,12	2,00	2,03
Карбамид	2,17	2,23	2,14	2,18
Прибавка	0,19	0,11	0,14	0,15
N ₁₂ P ₅₂ (базовый вариант)	2,16	2,28	2,19	2,21
N ₁₂ P ₅₂ + карбамид	2,46	2,53	2,47	2,49
Прибавка	0,30	0,25	0,28	0,28
N ₂₄ P ₁₀₄ (базовый вариант)	2,23	2,42	2,27	2,31
N ₂₄ P ₁₀₄ + карбамид	2,68	2,82	2,73	2,74
Прибавка	0,45	0,40	0,46	0,43
НСР ₀₅ (фактор А) = 0,08				
НСР ₀₅ (фактор В) = 0,06				
Доля влияния фактора А – 93,9%				
Доля влияния фактора В – 4,2%				
Доля случайного влияния – 2,0%				

Сорт в данном случае роли не играл. Результаты опыта подтверждают то, 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 подняли до оптимального (внеся 200 кг/га сложных туков) сразу последовала отдача от внесенного азота.

Некорневые подкормки влияют не только на урожайность зерна, но и на качественные показатели. В данном опыте изучили количество белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от подкормки.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что жидкое комплексное удобрение хуже работало в плане увеличения количества белка в зерне. Достоверные прибавки получены по сорту Вольнодонская на среднем и высоком агрофоне (+ 0,2%) и по сорту Донская элегия (0,4% в среднем) независимо от уровня агрофона. У сорта Мелодия Дона при работе с ЖКУ количество белка осталось неизменным (табл. 3).

Некорневая подкормка яровой пшеницы карбамидом была более эффективным агроприемом. По всем вариантам опыта внесение карбамида способствовало достоверному увеличению содержания белка. Здесь прослеживалась тенденция роста этого показателя с увеличением интенсивности агрофона. В среднем по сортам разница между низким и высоким агрофонами составила 0,6%. Из сортов более отзывчивым на внесение карбамида была Донская элегия. У этого сорта количество белка увеличилось в среднем на 1,1%.

Таблица 3

Увеличение содержания белка в зерне яровой пшеницы при различных подкормках, %

Сорт (фактор А)	Уровень агрофона, удобрение для подкормки, прибавка, %					
	низкий		средний		высокий	
	ЖКУ (фактор В)	карбамид (фактор С)	ЖКУ (фактор В)	карбамид (фактор С)	ЖКУ (фактор В)	карбамид (фактор С)
Вольнодонская	0,1	0,6	0,2	0,8	0,2	1,2
Донская элегия	0,3	0,8	0,4	1,1	0,4	1,3
Мелодия Дона	0,0	0,4	0,0	0,7	0,0	1,1
$НСП_{05(фактор А)} = 0,1$						
$НСП_{05(фактор В)} = 0,2$						
$НСП_{05(фактор С)} = 0,4$						

В технологиях работы с удобрениями и, в частности с некорневыми подкормками, важную роль играет экономическое обоснование данного агроприема. Важно знать, сколько один килограмм внесенного удобрения позволит дополнительно получить зерна. Понятно, что применение подкормки экономически оправдано, когда окупаемость будет больше единицы. Максимальная отдача была получена при использовании ЖКУ на низком агрофоне и карбамида на высоком. В первом случае на 1 кг внесенного удобрения было получено 7,8 кг зерна. Во втором случае – 6,6 кг/кг (рис. 1). Минимальные показатели составили при работе с ЖКУ – 3,0 кг/кг (высокий агрофон) и при работе с карбамидом – 2,3 кг/кг (низкий агрофон).

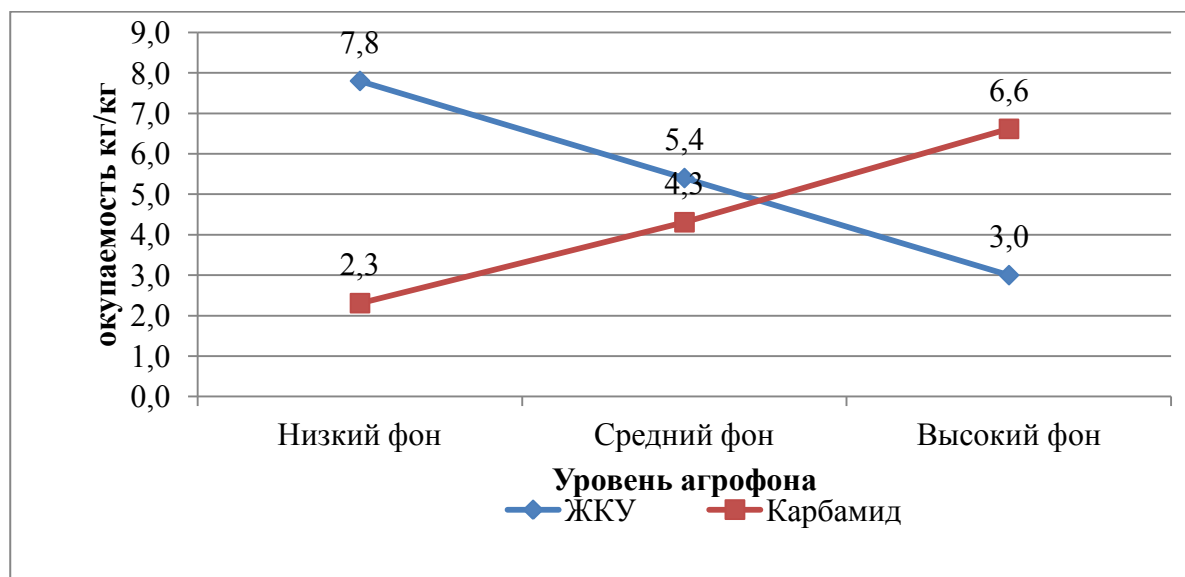


Рис. 1. Окупаемость удобрений зерном, кг/кг

Заключение

Таким образом, из полученных данных следует, что система некорневых подкормок яровой твердой пшеницы сортов Вольнодонская, Донская элегия и Мелодия Дона в условиях меняющегося климата должна строиться на количестве доступных фосфатов в почве. При низком содержании этого элемента востребована подкормка жидким комплексным удобрением дозой 50 кг/га в физическом весе в фазе выхода в трубку. При этом рост урожайности составляет 20% в среднем по сортам. Содержание белка в зерне остается практически неизменным. При среднем или высоком уровне фосфатов в почве актуальна подкормка карбамидом дозой 65 кг/га в фазе колошения. Увеличение продуктивности

достигает уровня 23-35% (по сравнению с фоном без удобрений). Помимо роста урожайности наблюдается улучшение качества зерна за счет повышения количества белка в зерне яровой пшеницы на 1,1-1,3%.

Литература

1. Мальчиков П.Н., Сидоренко В.С., Беспалова Л.А. и др. Сорт яровой твердой пшеницы Триада, рекомендованный для хозяйственного использования в Центральном-Черноземном регионе России // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2020. - № 3 (35). – С. 112-120. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11193.
2. Бирюкова О.В., Бирюков К.Н., Кадушкина В.П. Влияние агротехнических приемов и экологических условия на качество зерна яровой твердой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2020. - № 2 (34). –С. 103-108. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11177.
3. Вошедский Н.Н., Гринько А.В. Выращивание яровой твердой пшеницы в условиях Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2016. - № 3 (59). – С. 23-27.
4. Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Урожайность яровой твердой пшеницы на фоне различных доз и соотношений минеральных удобрений в центре Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2012. - № 2 (34). – С. 10-13.
5. Грабовец А.И., Бирюков К.Н., Ляшков И.В. Эффективность комплексных удобрений при возделывании зернового озимого тритикале на южных чернозёмах // Агрохимия. - 2012. - № 4. – С. 35-41.
6. Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Внекорневые подкормки и их роль при возделывании озимых пшеницы и тритикале при засухах // Земледелие. - 2018. - № 7. – С. 36-39.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат. - 1985. – 351 с.

References

1. Mal'chikov P.N., Sidorenko V.S., Bepalova L.A. et al. Sort yarovoi tverdoi pshenitsy Triada, rekomendovannyi dlya khozyaistvennogo ispol'zovaniya v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii [Spring durum wheat variety Triada, recommended for economic use in the Central Chernozem region of Russia]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*. 2020, no 3 (35), pp. 112-120 (In Russian). doi: 10.24411/2309-348X-2020-11193.
2. Biryukova O.V., Biryukov K.N., Kadushkina V.P. Vliyanie agrotekhnicheskikh priemov i ehkologicheskikh usloviya na kachestvo zerna yarovoi tverdoi pshenitsy [The influence of agrotechnical techniques and environmental conditions on the quality of spring durum wheat grain]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*. 2020, no 2 (34), pp. 103-108. (In Russian). doi: 10.24411/2309-348X-2020-11177.
3. Voshedskii N.N., Grin'ko A.V. Vyrashchivanie yarovoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Cultivation of spring durum wheat in the Rostov region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agarnogo universiteta*. 2016, no 3 (59), pp. 23-27. (In Russian).
4. Kryuchkov A.G., Eliseev V.I., Abdrashitov R.R. Urozhainost' yarovoi tverdoi pshenitsy na fone razlichnykh doz i sootnoshenii mineral'nykh udobrenii v tsentre Orenburgskogo Predural'ya [The yield of spring durum wheat against the background of different doses and ratios of mineral fertilizers in the center of the Orenburg Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agarnogo universiteta*. 2012, no 2 (34), pp. 10-13. (In Russian).
5. Grabovets A.I., Biryukov K.N., Lyashkov I.V. Ehffektivnost' kompleksnykh udobrenii pri vozdeleyvanii zernovogo ozimogo tritikale na yuzhnykh chernozemakh [The effectiveness of complex fertilizers in the cultivation of winter grain triticale on southern chernozems]. *Agrokhimiya*. 2012, no 4, pp. 35-41. (In Russian).
6. Grabovets A.I., Biryukov K.N. Vnekornevye podkormki i ikh rol' pri vozdeleyvanii ozimyykh pshenitsy i tritikale pri zasukhakh [Foliar fertilizing and their role in the cultivation of winter wheat and triticale during droughts]. *Zemledelie*, 2018, no 7, pp. 36-39. (In Russian).
7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience.]. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p. (In Russian).

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

С.Д. ВИЛЮНОВ, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-7373-5951
В.И. ЗОТИКОВ, член-корреспондент РАН, ORCID ID: 0000-0001-5713-7444
В.С. СИДОРЕНКО, кандидат с.-х. наук. ORCID ID: 0000-0002-9921-6105
Ж.В. СТАРИКОВА, научный сотрудник,
А.А. МАЛЬЦЕВ, аспирант

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: office@vniizbk.ru

В статье изложена часть опыта по селекции озимой мягкой пшеницы в лаборатории селекции зерновых крупяных культур Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Результаты приведенного анализа селекционного материала охватывают образцы общего гибридного происхождения и описывают возможности использования различных вегетационных индексов для моделирования высокоурожайных сортов и выявления неперспективных линий в различные фазы вегетации растений. В анализе участвовали селекционные линии, отобранные из гибридной популяции ♀Аист (*Lutescens*) × ♂Φ17 (*Ferrugineum*). В течение двух лет отбор в лаборатории научного центра по селекционному и конкурсному питомнику осуществляется не только методами классической селекции, но и используя мультиспектральную съемку с дрона для создания карт вегетационных индексов высокого разрешения (1 см на пиксель) в разные фазы развития озимой мягкой пшеницы. Это позволило выявить применимые для построения динамики изменения индексов в селекционном процессе на продуктивность: индекс зеленых листьев GLL, как оптимальный; возможный к использованию нормализованный разностный индекс растительности с красным краем NDRE, зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс GNDVI, индекс хлорофилла CIGreen; и нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI, как универсальный. Сделано заключение, что усовершенствованный вегетационный индекс EVI может применяться только на ранних этапах роста растений до фазы начала колошения, а хлорофилловый вегетационный индекс CVI проявляет себя с фазы начала колошения до фазы начала созревания. Не обнаружена связь продуктивности и исследуемых вегетационных индексов с разновидностью, высотой растений и другими морфологическими признаками пшеницы. Отмечается, что высокоурожайные линии разновидности *Milturum* из гибридной популяции (♀Аист × ♂Φ17) имеют одинаковую динамику развития вегетационных индексов с наиболее урожайным сортом Синева (*Lutescens*). Сформулирована модель динамики поведения вегетационных индексов для перспективного селекционного отбора. На основании показаний индексов из 20 образцов – выявлено 4 неперспективные линии, 3 высокопродуктивных образца будут использоваться в дальнейшей селекционной работе, один вариант пройдет испытание как сортообразец, остальные образцы одного фенотипа и идентичные по динамике вегетационных индексов – объединены в линии для дальнейшего испытания.

Ключевые слова: вегетационные индексы, озимая мягкая пшеница, селекционный процесс, моделирование, динамика вегетации, гибридная популяция, *Milturum*.

Для цитирования: Вилюнов С.Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальцев А.А. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43):73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83

APPLICATION OF VEGETATION INDICES IN WINTER SOFT WHEAT BREEDING

S.D. Vilyunov, V.I. Zotikov, V.S. Sidorenko, Zh.V. Starikova, A.A. Mal'tsev

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

E-mail: office@vniizbk.ru

Abstract: *The article describes part of the experiment in breeding winter soft wheat in the laboratory of breeding cereal crops of the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops. The results of the above analysis of breeding material cover samples of common hybrid origin and describe the possibilities of using various vegetation indices for modeling high-yielding varieties and identifying unpromising lines in various phases of plant vegetation. The analysis involved breeding lines selected from the hybrid population ♀Aist (Lutescens) × ♂F17 (Ferrugineum). For two years, selection in the laboratory of the scientific center for breeding and competitive nursery has been carried out not only by classical breeding methods, but also using multispectral drone photography to create high-resolution maps of vegetation indices (1 cm per pixel) in different phases of development of winter soft wheat. This made it possible to identify changes in the indices in the breeding process for productivity applicable for constructing the dynamics: green leaf index GLI, as the optimal; possible to use normalized difference vegetation index with red edge NDRE, green normalized difference vegetation index GNDVI, chlorophyll index ClGreen; and the normalized difference vegetation index NDVI as universal. It was concluded that the improved vegetation index EVI can only be used in the early stages of plant growth before the heading start phase, while the chlorophyll vegetation index CVI manifests itself from the heading start phase to the maturation start phase. No relationship was found between productivity and the studied vegetation indices with the variety, plant height and other morphological features of wheat. It is noted that the high-yielding lines of the Milturum variety from the hybrid population (♀Aist × ♂F17) have the same dynamics of development of vegetation indices with the most productive variety Sineva (Lutescens). A model of dynamics of behavior of vegetation indices for perspective breeding selection is formulated. Based on the index readings, out of 20 samples, 4 unpromising lines were identified, 3 highly productive samples will be used in further breeding work, one variant will be tested as a variety sample, the remaining samples of the same phenotype and identical in terms of the dynamics of vegetation indices are combined into lines for further testing.*

Keywords: vegetation indices, winter soft wheat, breeding process, modeling, vegetation dynamics, hybrid population, *Milturum*.

Введение

Анализ, оценка и браковка разнообразного исходного материала в селекции растений – является исключительно правом и обязанностью ученого-селекционера. Соответственно, анализ объективных цифровых данных позволяет снизить влияние субъективности при отборе, расширить объем исследуемых вариантов в опыте, и более детально характеризовать селекционные линии для дальнейшей работы, подкрепляя собственную интуицию цифровыми характеристиками признаков. Одними из таких числовых показателей, редко применяемым на практике в селекции, являются вегетационные индексы (ВИ или VI). Индексы основаны на известных особенностях спектральной отражающей способности растительности и почвы, которая характеризуется большими различиями в поглощении излучения разных длин волн. Вегетирующие растения за счет хлорофилла максимально усваивают красную зону спектра (0,62...0,75 мкм) солнечной радиации и отражают ближнюю инфракрасную зону (0,75...1,30 мкм). Это позволяет четко отделять живую растительность от прочих природных объектов и решать широкий диапазон задач, связанных с характеристиками растительного покрова.

Главным преимуществом ВИ является легкость их получения дистанционным зондированием со спутников и дронов. Для вычисления индексов используют спектральные каналы мультиспектральных камер: синий (Blue) – 0,450...0,495 мкм; зеленый (Green) – 0,540...0,580 мкм; красный (Red) – 0,620...0,680 мкм; пограничный красный (RedEdge) – 0,707...0,727 мкм; ближний инфракрасный диапазон (NIR) – 0,800...0,880 мкм.

Индексы усиливают контраст между почвой и растительностью, но сводят к минимуму влияние условий освещения. Красный или относительный коэффициент индекса растительности $RVI = RED / NIR$ (ratio vegetation index) [1] и самый известный нормализованный разностный вегетационный индекс (обычно называемый вегетативным индексом) $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ (normalized difference vegetation index) наиболее популярны и часто используются. NDVI впервые описан B.J.Rouse в 1973 году [2] и является простым количественным показателем объема фотосинтетически активной биомассы. Для растительности NDVI принимает положительные значения, и чем больше вегетирующая фитомасса, тем он выше и характеризует плотность растительности, что позволяет оценить всхожесть, рост, развитие и т.п. Индекс малочувствителен к атмосферным и почвенным фонам, кроме случаев со слабой растительностью. Интересны и другие вегетационные индексы этой группы, которые отражают общее количество растительности и используются для оценки ее состояния при решении широкого круга задач:

– *Индекс зеленых листьев* $GLI = (2 * Green - Red - Blue) / (2 * Green + Red + Blue)$, Green leaf index – помогает оценить состояние растений при обследовании посевов с использованием данных RGB;

– *нормализованный разностный индекс растительности с красным краем* $RENDVI$, или $NDRE = (NIR - RedEdge) / (NIR + RedEdge)$, Normalized Difference Red Edge Index – подходит для оценки фотосинтетической активности растительного покрова и насыщенности листьев азотом;

– *индекс хлорофилла* CI_{Green} , или $GCI = NIR / Green - 1$, Green chlorophyll index – служит для выявления сезонных изменений фотосинтетического потенциала растений, т.к. интенсивность отражения зеленого и ближнего инфракрасного линейно коррелирует с общим содержанием хлорофилла;

– *зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс* $GNDVI = (NIR - Green) / (NIR + Green)$, Green Normalized Difference Vegetation index – применяется при оценке угнетенной и стареющей растительности;

– *хлорофилловый вегетационный индекс* $CVI = (NIR / Green) \times (Red / Green)$, Chlorophyll Vegetation Index – имеет повышенную чувствительность к содержанию хлорофилла в листовом покрове;

– *усовершенствованный вегетационный индекс* $EVI = 2,5 \times (NIR - Red) / (NIR + 6 \times Red - 7,5 \times Blue + 1)$, Enhanced Vegetation Index – используется для оценки изменчивости развития культур, как в условиях густого растительного покрова, так и в условиях разреженной растительности (2,5 – коэффициент усиления; 6 и 7,5 – коэффициенты члена аэрозольного сопротивления; 1 – коэффициент корректировки фона. Эти значения установлены эмпирически [3]).

Многие исследователи считают, что при комплексной оценке посевов в течение вегетационного периода наиболее эффективно использовать несколько вегетационных индексов, в зависимости от вегетационного периода, целей исследования и возможностей камеры. А при исследовании посевов с использованием данных RGB – индекс GLI является информативным для общей оценки состояния посевов [4].

Большое разнообразие вегетационных индексов (насчитывается более 150) связано с тем, что каждый вегетативный индекс имеет свою специфическую область применения, формировался эмпирическим путем для конкретных целей и описания общей картины растительного покрова. Непосредственно индексы слабо применяются для анализа и сравнения селекционных линий озимой пшеницы, тем более их сложно применять, когда образцы характеризуются близкими показателями и признаками (от разновидности до

урожайности и зимостойкости). Это связано с тем, что спутниковые съемки посевов имеют низкое разрешение (более метра на пиксель) и может быть ограничено облачным слоем, а в распоряжении селекционера ограниченное количество оригинального посевного материала и требуются более точные данные и детальное разрешение. Аэрофотосъемка с помощью беспилотных летательных аппаратов и мультиспектральной камеры позволяет получать значения индексов с малых площадей с разрешением до 1 см на пиксель. Такие объективные характеристики вегетационных индексов в комплексе с уже применяемыми параметрами, используемыми в селекционном анализе, способны более точно и на ранних этапах выявить различия в исследуемых образцах. Известно, что такой подход хорошо фиксирует оценку перезимовки озимых культур в селекционных посевах [5].

Селекция озимой пшеницы ведется на основе современных методов классической, гаплоидной и маркерной селекций. На протяжении всех этапов селекционного процесса проводится индивидуальный, непрерывный, целенаправленный отбор генотипов по разработанной модели. Структурные элементы урожайности зерна находятся в сложной зависимости между собой и являются результатом взаимодействия многих физиологических процессов [6]. Современные технологии дистанционного зондирования посевов позволяют дать объективные цифровые характеристики селекционному материалу и определить ценность исследуемых вариантов – не дожидаясь полного созревания и трудоемкого анализа на структурные показатели. При увеличении объемов исследуемого материала в селекционном процессе встает жесткий вопрос выявления и выбраковки неперспективных линий, отбора только статистически значимых вариантов, удовлетворяющих поставленным перед ученым задачам. Выделение в опыте на ранних этапах и с малых площадей вариантов, несоответствующих поставленным целям и задачам, значительно сокращает сроки создания нового сорта и уменьшает физическую и интеллектуальную нагрузку на селекционера.

Цель исследования – оценка применения значений различных вегетационных индексов в отборе перспективных для селекции линий и производственных сортов озимой мягкой пшеницы.

Методика и погодные условия

В 2021 году каждый образец размещался в селекционном питомнике на широкорядном посеве, в одном рядке делянки (ширина 1,65 м, длина 2 м, 4 рядка, ширина междурядий 0,45 м), площадь под образцом составляла 0,9 кв.м. В 2022 году образцы высевались в конкурсном питомнике рядовым посевом на делянке (ширина 1,65 м, длина 4,5 м, ширина междурядий 0,16 м) площадью 7,5 м².

Почва темно-серая лесная, среднесуглинистая, средне окультуренная, микрорельеф участка выровненный. По основным физико-химическим показателям данная почва является типичной для природно-экономической зоны. Пахотный и метровый слой почвы характеризуется высокой удерживающей способностью (118...345 мм). Возможные запасы доступной растениям влаги в слое почвы 0...35 см соответствуют 88 мм, а в метровом слое 262 мм. Максимальная гигроскопическая влажность – 6,8...7,5% от массы почвы. Содержание гумуса до 4%, P₂O до 13 мг/100 г и K₂O до 10 мг/100 г почвы.

Погода 2022 года в сравнении с 2021 г. была менее теплой и более влажной как весной, так и в период колошения и налива озимых культур (табл. 1). Погодные данные получены из открытых источников [7]. Расчет гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) произведен по формуле $ГТК = R \times 10 / \sum t$; где R представляет собой сумму осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10°C, $\sum t$ определяет сумму температур в градусах Цельсия (°C) за то же время.

Таблица 1

Погодные условия 2021 и 2022 годов в период весенней и летней вегетации озимой пшеницы, Орёл

Год	май		июнь		июль	
	ГТК	Средняя температура, °С± к норме	ГТК	Средняя температура, °С± к норме	ГТК	Средняя температура, °С± к норме
2021	1,28	-0,40	0,70	+1,88	0,74	+2,49
2022	1,56	-2,80	0,90	+1,10	1,08	-0,70

Для получения высокоточных данных вегетационных индексов в рамках научного сотрудничества привлекались сотрудники ФГБНУ Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Ими использовался квадрокоптер DJI Matrice 200 v2 с установленной ГНСС L1/L2 антенной, оснащенный модифицированной камерой DJI X4S 20Mp (5472 x 3648) с трехосевым стабилизатором. Полеты осуществлялись с помощью мобильного приложения DJI Pilot. При помощи специального подвеса устанавливалась мультиспектральная камера MicaSense Altum с сенсором освещенности, имеющий встроенный GPS приемник. Использовался мультчастотный GNSS приемник EMLID Reach RS2. Подключение происходило к базовой станции «OREL» в Орловской области, расположенной на расстоянии менее 20 км.

В данном исследовании участвовали лучшие сортообразцы и стабильные линии, выделившейся по NDVI из одной гибридной популяции в предыдущие годы. Отборы из гибридной популяции велись с 2017 года ♀Аист (Лютесценс/*Lutescens*) × ♂Ф17 (Ферругинеум/*Ferrugineum*). В 2021 году на селекционном питомнике (720 образцов) из 100 выделившихся ранее линий происхождения ♀Аист × ♂Ф17 были отобраны 20 линий для испытания в конкурсном питомнике с показателями NDVI более 0,8 (данные мониторинга за 03 и 23 июня 2021 г.). Основной аналитический эксперимент был осуществлен в 2022 году: посев - 16.09.2021 г.; Дата схода снега - 31.03.2022 г.; Дата времени возобновления весенней вегетации (ВВВВ) – 14.04.2022 г.; Образование узловых корешков – 18.04.2022 г.; обследование на зимостойкость – 06.05.2022 г.; колошение – 14-18.06.2022 г.; уборка – 05.08.2022 г. (рис. 1.). В исследовании приняло участие 23 варианта (табл. 2). Для сравнения в анализ включена родительская материнская форма сорта Аист (делянка 14/1), известный высокоурожайный сорт Синева (делянка 15/1) и сорт Скипетр (делянка 19/1), принятый как стандарт для региона. Мониторинг осуществлялся в дневной период с 12 до 14 часов, с периодичностью через две недели после ВВВВ: 26.10.2021 г.; 05.05.2022 г.; 25.05.2022 г.; 16.06.2022 г.; 28.06.2022 г.; 12.07.2022 г.; 26.07.2022 г. Зачетная урожайность соответствует 14% влажности зерна, пересчитанной по формуле Дюваля.

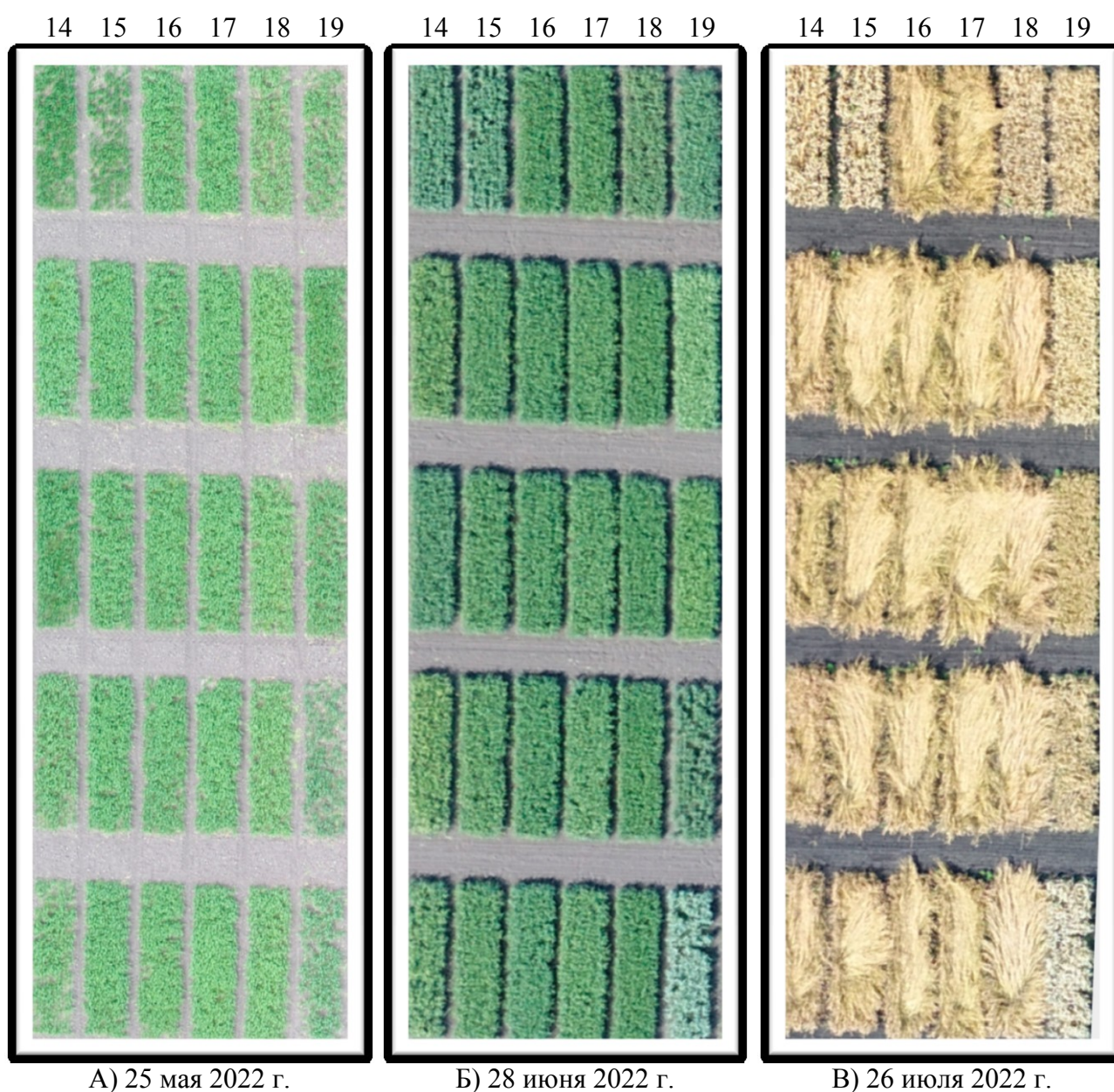


Рис. 1. Динамика развития селекционных образцов (♀Аист x ♂Φ17) во времени от перезимовки до уборки, контрольный питомник ФГБНУ ФНЦ ЗБК, 2022 г.

Примечание: Слева на право – 14,15,16,17,18 и 19 проход, сверху в вниз – 1, 2, 3, 4 и 5 ряд. Проход 18 не вошел в анализ, т.к. имел другое происхождение при схожих фенотипических и производственных характеристиках.

Таблица 2

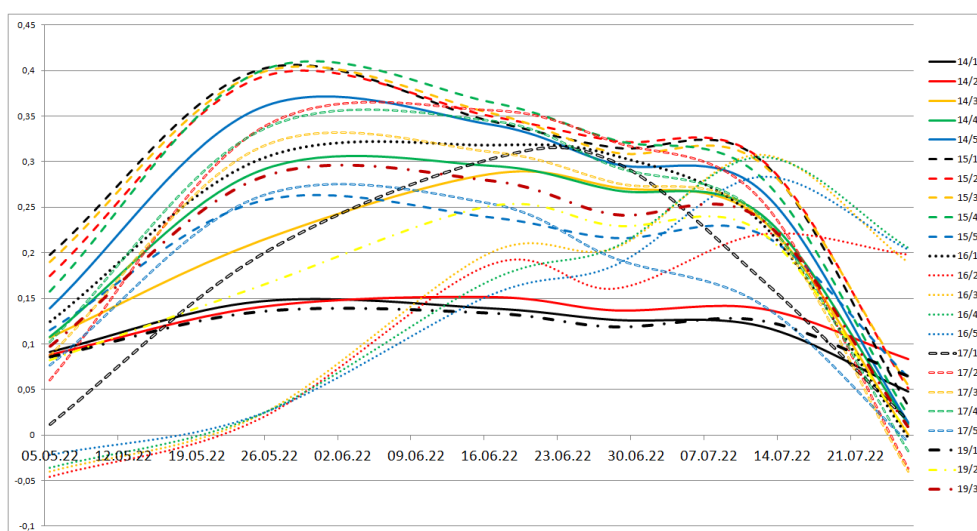
Общая характеристика показателей исследуемых селекционных линий (♀Аист × ♂Ф17) и сортообразцов, контрольный питомник ФГБНУ ФНЦ ЗБК, 2021-2022 гг.

№ п.п.	Делянка/ ряд	Образец	Разновидность	Перезимовка, балл	Дата колошения	Урожайность, т/га	Содержание белка в зерне, %	Содержание клейковины в зерне, %
1	14/1	♀Аист	<i>Lutescens</i>	5-	17.06.	7,69	14,6	26,3
2	14/2	567(4)	<i>Milturum</i>	5-	14.06.	7,54	16,8	32,9
3	14/3	571(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	8,51	17,2	30,5
4	14/4	573(1)	<i>Milturum</i>	5	14.06.	8,83	15,8	30,7
5	14/5	575(4)	<i>Milturum</i>	5-	14.06.	7,67	17,2	30,5
6	15/1	Синева	<i>Lutescens</i>	4	17.06.	8,70	14,6	27,9
7	15/2	596(1)	<i>Milturum</i>	5	17.06.	7,57	17,1	33,2
8	15/3	596(2)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	8,12	17,1	33,2
9	15/4	597(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,99	17,1	33,2
10	15/5	597(2)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,02	17,1	33,2
11	16/1	598(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,21	17,4	33,7
12	16/2	598(2)	<i>Milturum</i>	5	18.06.	7,48	17,4	33,7
13	16/3	600(1)	<i>Milturum</i>	5-	18.06.	6,39	17,4	33,7
14	16/4	600(2)	<i>Milturum</i>	5-	18.06.	6,12	17,4	33,7
15	16/5	607	<i>Milturum</i>	5-	18.06.	6,93	17,4	33,7
16	17/1	603(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	6,89	18,4	35,2
17	17/2	603(2)	<i>Milturum</i>	5	17.06.	7,72	18,4	35,2
18	17/3	606(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	6,75	18,4	35,2
19	17/4	606(2)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,89	16,9	32,1
20	17/5	610	<i>Milturum</i>	5	17.06.	7,85	17,5	33,6
21	19/1	Скипетр	<i>Lutescens</i>	4	13.06.	7,60	14,8	27,4
22	19/2	564(3)	<i>Erytrospermum</i>	5	14.06.	7,95	14,7	27,9
23	19/3	645(3)	<i>Ferrugineum</i>	5-	14.06.	7,95	15,8	29,9

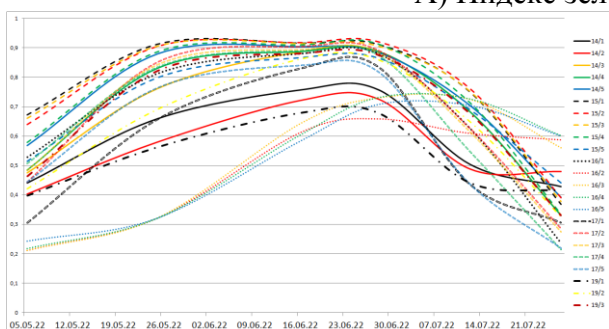
Результаты и обсуждение

Фенотипически все варианты разновидности *Milturum* из отборов гибридной популяции (♀Аист × ♂Ф17) ничем друг от друга не отличались (рис. 1, табл. 2). Образцы характеризовались мощной вегетативной массой с хорошей кустистостью и высотой растения 1,0...1,3 м, отличной перезимовкой (5 баллов), высокой урожайностью (7...8 т/га), содержанием клейковины (30...35%) и белка в зерне (17...18%). Все различия между ними были несущественны и соответствовали ошибке опыта. Максимальную урожайность (более 8 т/га) дали линии на делянках 14/3, 14/4 и 15/3 и сорт Синева (делянка 15/1).

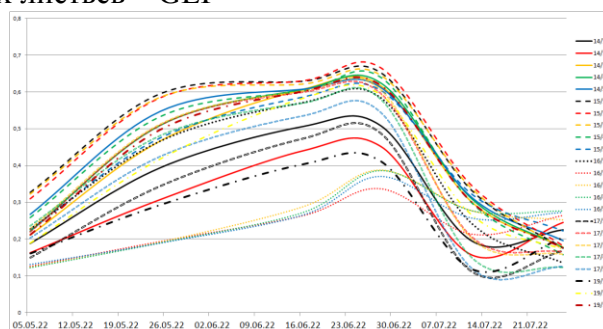
Совершенно другую картину дает анализ вегетативных индексов этих вариантов (рис. 2), где часть линий (делянки 16/2, 16/3, 16/4, 16/5) имели показатели ниже родителя (делянка 14/1)



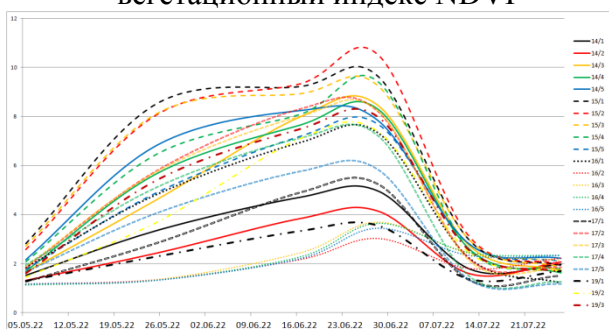
А) Индекс зеленых листьев – GLI



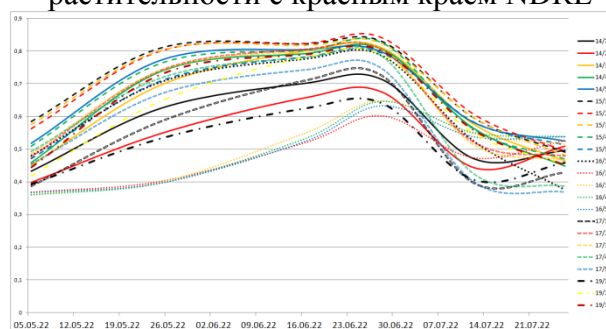
Б) Нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI



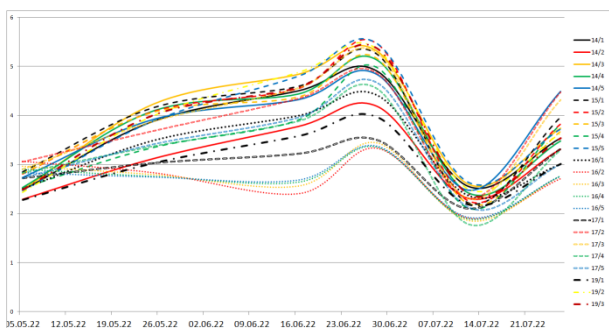
В) Нормализованный разностный индекс растительности с красным краем NDRE



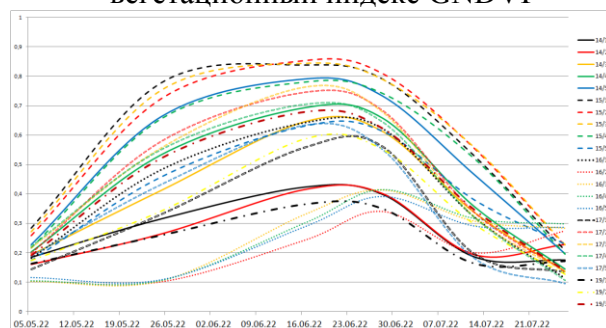
Г) Индекс хлорофилла CIGreen



Д) Зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс GNDVI



Е) Хлорофилловый вегетационный индекс CVI



Ж) Усовершенствованный вегетационный индекс EVI.

Рис. 2. Динамика вегетационных индексов на озимой мягкой пшенице от перезимовки до уборки, контрольный питомник ФНЦ ЗБК, 2022 г.

По индексу зеленых листьев GLI просматривается разделение на 5 групп:

I группа из 4 делянок (16/2, 16/3, 16/4 и 16/5), – вялое увеличение значений индекса, фактически до уборки;

II группа 3 делянки (14/1, 14/2 и 19/1), – имеют стабильный индекс на всем протяжении вегетации, включая материнскую форму сорта Аист(14/1) и сорт стандарт Скипетр (19/1);

III группа 5 высокоурожайных делянок (14/5, 15/1, 15/2, 15/3, 15/4), сюда входит и максимально урожайный (8,7 т/га) сорт Синева (15/1). Группа имеет максимальные индексы в опыте, бурно прибавляющие к моменту выхода в трубку и плавно снижающиеся ко времени налива зерна;

IV группа включает 3 линии с бурным повышением индекса к началу налива зерна, без явно выраженного стабильного периода показателей (14/3, 17/1, 19/2);

В V группу входят все остальные варианты, имеющие интенсивное увеличение индекса в начале вегетации до выхода в трубку, стабилизированный период и дружное снижение индекса в период налива зерна.

По NDVI просматривается уже разделение на 3 группы, аналогично индексу зеленых листьев GLI по составу:

I группа из 4 делянок (16/2, 16/3, 16/4 и 16/5) – имеет вялую прибавку индекса, фактически до уборки и минимальные показатели;

II группа включает 5 делянок (14/1, 14/2, 17/1, 19/1, 19/2), включая стандартный сорт Скипетр (19/1) просматривается умеренное нарастание индекса (к средним показателям) до фазы налива зерна, при отсутствии стабильного периода индекса;

III группа охватывает остальные варианты. В группе начинается весенний старт бурной прибавкой индекса к максимальным показателям, продолжительностью до фазы выхода в трубку, затем отмечается стабилизированный период до фазы начала налива зерна, в момент оттока ассимилятов в зерновку, – заметно интенсивное снижение показателя индекса.

Распределение на графиках вариантов NDRE, ClGreen, GNDVI и CVI визуальное дублируют графики NDVI, при неявно выраженной стабилизации индекса в период от фазы выхода в трубку, до фазы начала налива зерна, дифференциация на группы отмечается слабо.

Можно было бы предположить, что на различные показатели индексов влияют фенотипические особенности вариантов, восковой налет на листьях, высота растений. Но подобной связи не просматривается: По высоте вариант *Milturum* 14/2 (без воскового налета) такой же, как и многие другие варианты, но по индексу GLI и другим – дублирует более низкорослые варианты *Lutescens* (14/1 и 19/1) с восковым налетом на листьях. Это подчеркивают варианты 19/2 (*Erytrospermum*) и 19/3 (*Ferrugineum*) без воскового налета, которые значительно ниже отобранных других линий общего происхождения, но их характеристики по индексам точно такие же, включая и высокоурожайный вариант 15/1 сорта Синева (*Lutescens*) с восковым налетом.

Отмечено, что образцы 16/2, 16/3, 16/4 и 16/5 можно выделить не только как линии с низкой урожайностью в опыте, но и как имеющие низкие показатели по всем исследуемым ВИ. Также у этих вариантов визуально заметно отсутствие стабилизации индексов и слабое, затяжное увядание в период оттока ассимилятов в зерновку. Такие линии должны исключаться из дальнейшей селекции. Тенденцию для их исключения можно было предположить еще при весеннем анализе ВИ.

Сравнение распределения показателей ВИ известных высокоурожайных сортов (14/1, 15/1 и 19/1) с селекционными линиями дает картину, что имеет значение как дружное весеннее нарастание индексов, так и стабилизация этих показателей от колошения до периода оттока ассимилятов в зерновку. В отборе на продуктивность имеет значение и период интенсивного снижения значений по индексам ВИ в период окончания налива зерна.

Можно отметить, что показатели разных индексов имеют разную корреляцию с урожайностью и выходом белка с единицы площади в разные периоды (табл. 3). В разный период у разных ВИ – корреляция колеблется от отрицательной до положительной.

Таблица 3

Корреляция вегетативных индексов во времени с урожайностью и выходом белка на озимой мягкой пшенице от посева до уборки, контрольный питомник ФНЦ ЗБК

ВИ		26.10.2021	05.05.2022	25.05.2022	16.06.2022	28.06.2022	12.07.2022	26.07.2022
Корреляция ВИ с урожайностью	GLI	0,637	0,659	0,552	0,416	0,275	-0,071	-0,530
	NDVI	0,632	0,626	0,610	0,581	0,484	0,067	-0,473
	NDRE	0,640	0,585	0,626	0,636	0,604	0,227	-0,494
	CIGreen	0,617	0,520	0,586	0,605	0,568	0,214	-0,353
	GNDVI	0,608	0,548	0,628	0,610	0,558	0,181	-0,308
	CVI	0,102	-0,301	0,665	0,612	0,617	0,402	0,382
	EVI	0,637	0,659	0,552	0,416	0,275	-0,071	-0,530
Корреляция ВИ с выходом белка	GLI	0,234	0,437	0,609	0,674	0,572	0,121	-0,531
	NDVI	0,211	0,487	0,595	0,621	0,583	0,088	-0,537
	NDRE	0,213	0,510	0,587	0,570	0,563	0,123	-0,566
	CIGreen	0,157	0,474	0,558	0,609	0,581	0,152	-0,369
	GNDVI	0,155	0,519	0,590	0,584	0,574	0,125	-0,349
	CVI	-0,084	0,113	0,441	0,378	0,420	0,178	0,439
	EVI	0,234	0,437	0,609	0,674	0,572	0,121	-0,531

Анализ таблицы 3 показывает, что только в период после перезимовки (05.05.2022) и до начала созревания (25.05.-28.06.2022) показатели ВИ имеют положительную корреляционную связь с продуктивностью, исключение хлорофилловый вегетационный индекс CVI. Так же важным является период переноса ассимилянтов в зерновку в момент налива зерна (12.07.-26.07.2022), когда корреляционная связь имеет отрицательную тенденцию.

Выводы

1. Все вегетационные индексы (NDRE, CIGreen, GNDVI и CVI) показали одинаковую динамику на графиках и визуально дублируют графики NDVI при неявно выраженной стабилизации индекса в период от фазы выхода в трубку до фазы начала налива зерна. В отличие от индекса зеленых листьев GLI на них дифференциация на группы слабо выражена.
2. Хлорофилловый вегетационный индекс CVI является мало эффективным на ранних этапах вегетации при отборе на продуктивность. В период начала оттока ассимилянтов в зерно все вегетационные индексы не показывают корреляционной связи с урожайностью.
3. Вегетационный индекс зеленых листьев GLI, нормализованный разностный индекс растительности с красным краем NDRE, зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс GNDVI, индекс хлорофилла CIGreen и нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI подходят для картирования на всем периоде вегетации озимой мягкой пшеницы с целью применения в селекционном процессе на продуктивность. А усовершенствованный вегетационный индекс EVI для этой цели может применяться только на ранних этапах роста растений до фазы начала колошения, также хлорофилловый вегетационный индекс CVI может применяться только с фазы начала колошения до фазы начала созревания.
4. Не обнаружена связь продуктивности и исследуемых вегетационных индексов с разновидностью, высотой растений и другими морфологическими признаками озимой мягкой пшеницы.
5. Для отбора на продуктивность озимой мягкой пшеницы имеет значение период интенсивного нарастания индексов до начала колошения, стабилизация показаний индекса

до периода начала созревания и интенсивное снижение показателей ВИ в момент оттока ассимилятов в формирующийся урожай.

6. Высокоурожайные линии разновидности *Milturum* из гибридной популяции (♀Аист × ♂Ф17) имеют схожую динамику развития ВИ с наиболее урожайным сортом Синева.

Литература

1. Jordan C.F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. Ecology, 1963, vol.50, pp. 663-666.
2. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA, 1973, SP-351, vol.1, pp.309-317.
3. Huete A.R., Liu H.Q., Batchily K., van Leeuwen W. A comparison of vegetation indices global set of TM images for EOS-MODIS// Remote Sensing of Environment. 1997. Vol. 59. Issue 3. p.440-451.
4. Kurbanov R.K., Zakharova N.I. Primenenie vegetatsionnykh indeksov dlya otsenki sostoyaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Application of vegetation indexes to assess the condition of crops]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2020. Vol. 14. N2. 4-11 (In English). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11.
5. Kurbanov, R., Zakharova, N., Sidorenko, V., Vilyunov, S. (2022). The Use of Vegetation Indices in Comparison to Traditional Methods for Assessing Overwintering of Grain Crops in the Breeding Process. In: Hu, Z., Wang, B., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPE 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 119. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-97064-2_6
6. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Модель сорта пшеницы мягкой озимой интенсивного типа для условий Юга, Юго-Востока и Центрально-Черноземной зоны России //Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (15). С.13-22 DOI 10.25930/2687-1254/002.1.15.2022
7. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27906> (дата обращения 05.09.2022)

References

1. Jordan C.F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. Ecology, 1963, vol.50, pp. 663-666.
2. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., and Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA, 1973, SP-351, vol.1, pp.309-317.
3. Huete A.R., Liu H.Q., Batchily K., van Leeuwen W. A comparison of vegetation indices global set of TM images for EOS-MODIS// Remote Sensing of Environment. 1997. Vol. 59. Issue 3. pp.440–451.
4. Kurbanov R.K., Zakharova N.I. Primenenie vegetatsionnykh indeksov dlya otsenki sostoyaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Application of vegetation indexes to assess the condition of crops]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2020. Vol. 14. N2. 4-11 (In English). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11.
5. Kurbanov R., Zakharova N., Sidorenko V., Vilyunov S. (2022). The Use of Vegetation Indices in Comparison to Traditional Methods for Assessing Overwintering of Grain Crops in the Breeding Process. In: Hu, Z., Wang, B., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPE 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 119. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-97064-2_6
6. Kovtun V.I., Kovtun L.N. Model' sorta pshenitsy myagkoi ozimoi intensivnogo tipa dlya uslovii Yuga, Yugo-Vostoka i Tsentral'no-Chernozemnoi zony Rossii [Model of winter soft winter wheat variety of intensive type for the conditions of the South, South-East and Central Black Earth zone of Russia] Sel'skokhozyaystvennyi zhurnal. 2022. No 1 (15), pp.13-22 (In Russian) DOI 10.25930/2687-1254/002.1.15.2022
7. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27906> (Accessed 05.09.2022)

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ВЛАГИ И САХАРОВ В ЛИСТЬЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.Е. ПАВЛОВСКАЯ, доктор биологических наук, ORCID ID 0000-0001-7246-5059

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

Е.Г. ПРУДНИКОВА, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0002-9345-5092

Н.Ю. АГЕЕВА, аспирант, ORCID ID 0000-0003-0535-9146

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГАУ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

E-mail: biotechnologyosau@yandex.ru.

*ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

В статье представлены данные по влиянию новых биопрепаратов, обладающих защитно-стимулирующим действием, на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы, а также определена роль последних в формировании количества и качества урожая сорта Московская 39. Установлено, что в процессе вегетации содержание сахаров в листьях озимой пшеницы возрастает от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости семян. В фазы колошения и цветения в листьях озимой пшеницы под влиянием биологических препаратов отмечено больше сахаров, чем в контрольных вариантах. В фазу молочно-восковой спелости семян в вариантах с Витаплан и Нигор+ содержание сахаров значительно превосходило контрольный. Содержание белка и клейковины в зерне находится в сильной положительной связи с накоплением сахаров в листьях в фазу выхода в трубку ($r=0,71$ и $r=0,77$ соответственно). Оводненность листьев опытных растений озимой пшеницы увеличивается на 1,5 - 3,45% по сравнению с контролем. Наибольшее содержание влаги отмечено в фазу выхода в трубку и начала колошения. Под влиянием обработки биостимулятором Нигор+ существенное увеличение влаги происходило в фазу колошения (на 10,4%) по сравнению с контролем и в фазу молочно-восковой спелости семян (на 3,5%). Нигор++ не оказал положительного действия на содержание влаги, а химический пестицид оказался более эффективным, чем биостимуляторы. Содержание влаги в листьях обработанных растений увеличилось на 10% в фазу колошения.

Ключевые слова: озимая пшеница, биопрепараты, листовой аппарат, сахара, влага, фазы роста и развития.

Для цитирования: Павловская Н.Е., Зубарева К.Ю., Прудникова Е.Г., Агеева Н.Ю. Влияние химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43):84-93. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-84-93

THE EFFECT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE MOISTURE AND SUGAR CONTENT IN WINTER WHEAT LEAVES

N.E. Pavlovskaya, K.Yu. Zubareva*, E.G. Prudnikova, N.Yu. Ageeva

FSBEE HE «N.V. PARAKHIN STATE AGRARIAN UNIVERSITY, OREL»

E-mail: biotechnologyosau@yandex.ru.

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

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Abstract: *The article presents data on the effect of new biological preparations with a protective and stimulating effect on the moisture and sugar content in winter wheat leaves, and also determines the role of the latter in shaping the quantity and quality of the harvest of the Moskovskaya 39 variety. It has been established that during the growing season the content of sugars in the leaves of winter wheat increases from the phase of emergence into the tube to the phase of milky-wax ripeness of seeds. In the phases of earing and flowering in the leaves of winter wheat under the influence of biological preparations, more sugars were noted than in the control variants. In the phase of milky-wax ripeness of seeds in the variants with Vitaplan and Nigor +, the sugar content significantly exceeded the control. The content of protein and gluten in the grain is in a strong positive relationship with the accumulation of sugars in the leaves during the booting phase ($r=0.71$ and $r=0.77$, respectively). The water content of the leaves of experimental plants of winter wheat increases by 1.5 - 3.45% compared to the control. The highest moisture content was noted in the phase of emergence of the tube and the beginning of earing. Under the influence of Nigor+ biostimulant treatment, a significant increase in moisture occurred in the earing stage (by 10.4%) compared with control and in the phase of milky ripeness of seeds (by 3.5%). Nigor++ had no positive effect on moisture content, and the chemical pesticide was more effective than biostimulants. Moisture content in leaves of treated plants increased by 10% in the earing phase.*

Keywords: winter wheat, biopreparations, leaf apparatus, sugars, moisture, phases of growth and development.

В последнее время в сельскохозяйственном производстве все чаще стали применяться биостимуляторы, называемые в разных источниках биопестицидами, регуляторами, биопрепаратами, микроудобрениями и т.д. Биостимуляторы растений (БС) представляют собой перспективный и экологически безопасный подход к переходу от ресурсоемких систем земледелия к устойчивой интенсификации сельского хозяйства. Это натуральные продукты, которые не классифицируются ни как удобрения, ни как пестициды и включают биологически активные вещества: экстракты водорослей и растений, белковые гидролизаты, гуминовые и фульвокислоты; хитозаны и кремний; а также стимулирующие рост растений микроорганизмы и микоризные грибы [1]. Исследованы механизмы функциональной активности биостимуляторов на основе растительного сырья [2]. Основываясь на методологии Р. Du Jardin (2012), можно определить следующие основные принципы выделения для биостимуляторов в классификации пестицидов и агрохимикатов среди природных средств регуляции роста, защиты и питания растений:

1. активация физиологических процессов и метаболизма растений;
2. приоритет «биостимулирующего» действия при наличии нескольких видов биологической активности (фунгицидное, как питательных веществ и др.);
3. низкие концентрации при применении;
4. природное происхождение, сложный многокомпонентный состав или отсутствие возможности отнесения к другим категориям пестицидов и агрохимикатов.

Положительное влияние биостимуляторов связано с повышением устойчивости растений к заболеваниям, недостатку питательных веществ, различного рода стрессам, в том числе к изменению климата, засухе, высоким температурам и др. [3], а применение биопрепаратов в совокупности с химическими фунгицидами позволяет повысить устойчивость растений к стрессовым экологическим условиям, различным видам болезней и вредителей, при этом улучшить количественные и качественные показатели урожайности культуры [4].

Одним из важных показателей состояния растений, его устойчивость и пластичность связана с содержанием воды и углеводов [4].

Углеводы образуются в процессе фотосинтеза и составляют 85-90% от всех веществ, составляющих растительный организм. Они выполняют структурную, запасную, защитную и энергетическую роль для клеток и тканей растительного организма.

Имеются литературные данные о том, что применяемые на сельскохозяйственных культурах обработки микроудобрениями значительно увеличивали концентрацию углеводов как в листьях, так и в стеблях по сравнению с необработанными растениями [3,5].

Усиление перемещения ассимилятов в репродуктивные органы растений связано со стимуляцией акцепторной активности регуляторами роста, что приводит к более высокому спросу на фотоассимиляты. Было высказано предположение, что регуляторы роста могут повышать урожайность культурных растений за счет изменения распределения ассимилятов [6]. Регуляторы роста растений гиббереллин, кинетин и нафтилуксусная кислота увеличивали скорость ассимиляции CO_2 во всех фотосинтетически активных частях растений (листья, стебли, створки стручков) и усиливали перемещение ассимилятов в репродуктивные части (стручки), что привело к их распределению и повышению урожая.

Гормоны растений гиббереллины и абсцизовая кислота контролируют различные процессы в жизни растений, и оба участвуют в синтезе и транспорте ассимилятов у разных видов. Изучение распределения сахаров (сахарозы, фруктозы и глюкозы) и крахмала в растениях после некорневых подкормок гиббереллиновой кислотой (ГК), абсцизовой кислотой и ингибитора биосинтеза ГК паклобутразолом показало, что они увеличивали общую массу виноградной лозы, при этом углерод распределялся по всей виноградной лозе (в виде структурных и растворимых углеводов). Регуляторы повышали уровень моносахаридов (глюкозы и фруктозы) от 3 до 10 раз [7].

У озимой пшеницы рост побегов кушения положительно коррелировал с накоплением сахарозы и азота. Последние два положительно коррелировали с эндогенным зеатином, но отрицательно - с абсцизовой кислотой и ауксином. Внесение азота совместно с регуляторами усиливало фотосинтез листьев и корневую активность, способствовало росту побегов и повышению урожайности за счет баланса эндогенных гормонов и распределения сахарозы и азота в растении [8].

К биостимуляторам отнесены также микроорганизмы и их метаболиты [5, 9], которые стимулируют фотосинтетическую активность растений, увеличивают синтез ассимилятов, способствуют увеличению урожайности, а также участвуют в регуляции внутрипочвенных взаимодействий [10].

Так, инокуляция *Acetobacter diazotrophicus* и совместное применение фитогормонов увеличивало содержание глюкозы и фруктозы в побегах *Sorghum bicolor* (L.) с более высоким накоплением растворимых сахаров в корнях, независимо от статуса питания растений, было связано и увеличение солеустойчивости культурных растений, инокулированных арбускулярными микоризными грибами [11]. Этот эффект может быть причиной улучшения водного режима растений, концентрации хлорофилла и повышения фотохимической эффективности.

С накоплением сахаров, выполняющих водоудерживающую и ассимилирующую функции, связана также устойчивость растений к засухе. Сахара включаются в рост растений и метаболизм как структурные компоненты и источники энергии. Такие сахара как сахароза имеют двойную функцию – как транспортируемые углеводы и как сигнальные молекулы, регулирующие экспрессию генов и развитие растений. Так же концентрации и пул сахаров в ряде случаев служат сигналами для экспрессии различных генов углеводного метаболизма, в частности кодирующих инвертазу и сахарозосинтазу. Такая экспрессия тканеспецифична и в одних органах растений эти гены активируются, а в других – ингибируются высокими концентрациями сахаров.

Вода играет огромную роль в растениях, участвуя во всех жизненных процессах, протекающих в клетке. В наших исследованиях установлено, что некоторые биостимуляторы улучшают водообмен у зерновых культур, а другие не оказывают существенного влияния. Дефицит воды влияет на несколько аспектов роста растений, при этом наиболее очевидные последствия водного стресса выражаются в уменьшении размера растений, площади листьев и продуктивности сельскохозяйственных культур [8]. В последние годы расширяются исследования и использование биостимуляторов для растений, находящихся в условиях

водного стресса, для повышения продуктивности сельского хозяйства. Растения сталкиваются с проблемой поддержания водного баланса организма при недостатке водообеспечения. В условиях дефицита влаги преимущества получают растения с эффективной регуляцией транспирации, сопряженностью газо- и водообмена, эффективной осмотической регуляцией, обеспеченностью элементами питания.

Исследование ответной реакции растений на обработку биостимуляторами позволит модулировать производственный процесс на физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях и улучшать продовольственные характеристики продукции.

Цель исследований - выяснить влияние химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы и оценить их роль в формировании урожая.

Материал и методы исследования

Работу выполняли в Научно-образовательном производственном центре "Интеграция" Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина в условиях полупроизводственных опытов в 2020–2021 гг. Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая, слабогумусированная (4,1 % по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213-91), слабокислая (рН водной вытяжки 5,7), с содержанием обменного калия 109 мг/кг и подвижного фосфора 115 мг/кг (по методу Мачигина, ГОСТ 26205-91)

Объект исследования сорт мягкой озимой пшеницы Московская 39 (рис. 1), включен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию с 1999 г. как среднеспелый сорт по группе спелости и как сильная пшеница по направлению использования, имеет достаточно широкий круг регионов допуска в РФ (2-5: Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный) [12].



Рис. 1. Опытные посева озимой пшеницы сорта Московская 39 во время уборки, 2020 г.

В качестве объектов исследования использовали следующие препараты:

1. Новый препарат, обладающий защитно-стимулирующим действием Нигор+ (средство для предпосевной обработки семян (патент РФ 2463759), которое в том числе содержит: салициловую кислоту - 0,0001; биофлавоноиды гречихи - 0,0001; сульфат магния ($MgSO_4$) или хлорид магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) - 0,0001) + экзометаболиты *Trichoderma atroviride* ВКПМ F-1434);

2. Новый препарат, обладающий защитно-стимулирующим действием Нигор++ (средство для предпосевной обработки семян (патент РФ 2463759) + биоорганический раствор «Эликсир Урожая» (Тимирязев, Россия) в соотношении компонентов 1:1);

3. Витаплан, СП, который является биологическим фунгицидом, разработан на основе полезной микрофлоры – бактерий *Bacillus subtilis*. Состав: 1010 КОЕ/г *Bacillus subtilis* штамм ВКМ-В-2604D, 1010 КОЕ/г *Bacillus subtilis* штамм ВКМ-В-2605D. Производитель: ООО «АгроБиоТехнология»;

4. Амистар Экстра – системный комбинированный фунгицид для защиты яровых и озимых зерновых колосовых культур от болезней листьев и колоса. Действующее вещество: 200 г/л азоксистробин и 80 г/л ципроконазол. Химический класс: стробилурины-триазолы. Производитель: Сингента.

Схема опыта:

1. контроль (без обработки),
2. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Нигор++, 12,5 мл/га,
3. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Нигор+, 12,5 мл/га,
4. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Витаплан, 30 мл/га,
5. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Амистар Экстра, 0,7 л/га.

Расположение делянок систематическое. Размер опытной делянки - 240 м², учетной делянки 50 м². Повторность опыта трехкратная.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований (2020-2021 гг.) представлены на рисунке 2.

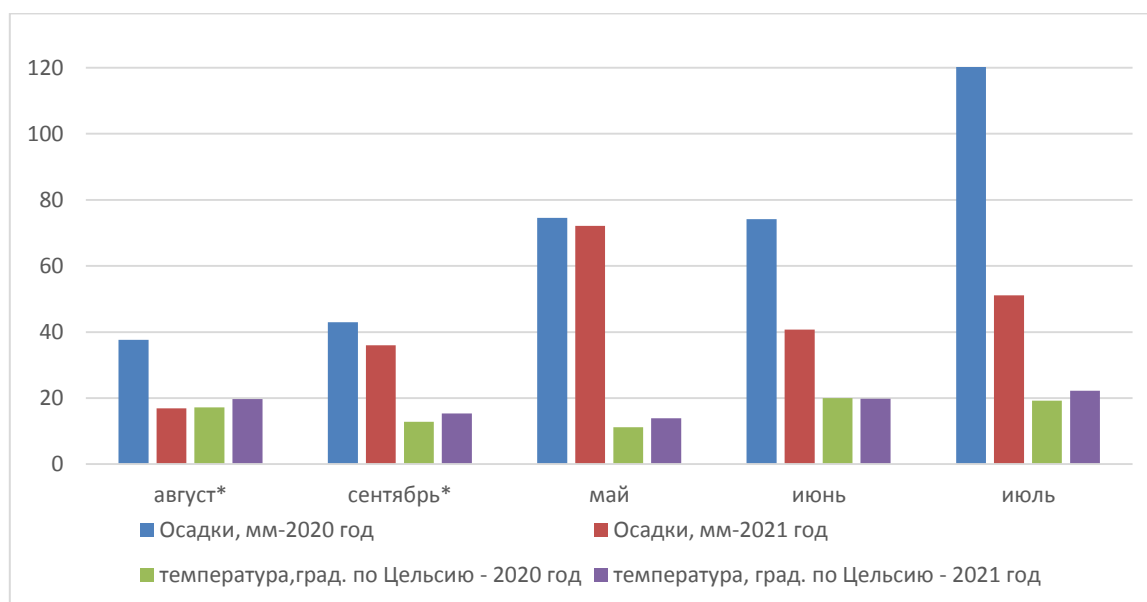


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха вегетационного периода озимой пшеницы и обеспеченность влагой за период исследования 2020-2021 гг.

Примечание : * – показатели августа и сентября представлены соответственно за 2019 и 2020 годы, так как объект исследования – озимая культура, которая сеялась в предшествующие проведению экспериментов годы

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались как по температурному режиму (рис. 2), так и по количеству выпавших осадков. Всходы в 2019-2020 гг. появились на 8-9 сутки, через 2 недели началось кущение. Наибольшее количество влаги озимая пшеница расходует от весеннего отрастания до колошения. Критический период по отношению к влаге у данной культуры выход в трубку – колошение. Обилие влаги весной способствовало формированию достаточной вегетативной массы и дополнительному кущению. Несколько пониженная температура и обилие влаги в июне 2021 года задерживали наступление фаз развития культуры. Однако, со 2-ой декады июля установились комфортные условия для роста и развития растений и формирования зерна. В 2020 году, наоборот, ГТК (гидротермический коэффициент) июля характеризовался как избыточно увлажненный и составил 2,03, что, в свою очередь, повлияло на сроки уборки урожая.

Содержание сахаров в листьях растений определяли рефрактометрическим методом, основанном на установленной зависимости между концентрацией и показателем преломления водных растворов сахарозы, на автоматическом приборе Рефрактометр RE 50. Содержание влаги в листьях определяли на анализаторе влажности МА 50. Биохимический

анализ зерна озимой пшеницы проводили на инфракрасном анализаторе Infratec 1241 (программа WH 990226) (FOSS, Denmark).

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что в процессе вегетации содержание сахаров в листьях озимой пшеницы возрастает от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости семян (табл. 1).

Таблица 1

Содержание сахаров в листьях озимой пшеницы, % (среднее за 2020-2021 гг)

№	Вариант	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости семян
1	Контроль	12,8	12,7	17,3	15,8	15,9
2	Витаплан	12,8	18,8	21,0	21,9	22,3
3	Нигор+	12,8	12,6	21,0	22,8	22,8
4	Нигор++	12,8	13,0	20,7	15,9	16,5
5	Амистар Экстра	12,8	12,6	18,0	17,7	17,7
НСР ₀₅		0,1	0,85	0,6	0,7	0,7

В контрольном варианте без обработки их содержание увеличивается от 12,7% до 16,9%, что на 4,2% больше. Содержание углеводов в листьях опытных вариантов, обработанных биологическим препаратом Витапланом, СП на стадии выхода в трубку было на 6,1% больше контрольного варианта. Остальные варианты практически не отличались от контроля. И только в фазы колошения и цветения биологические препараты спровоцировали накопление большего количества сахаров, на 4-6%, в сравнении с контрольным вариантом. В фазу молочно-восковой спелости семян в вариантах с Витаплан и Нигор+ содержание сахаров значительно превосходило контрольный вариант, а под влиянием химического пестицида Амистар Экстра и Нигор++ эти различия были незначительными.

Таблица 2

Содержание влаги в листьях озимой пшеницы, % (среднее за 2020-2021 гг)

№	Вариант	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости
1	Контроль	76,58	75,23	57,12	42,51	53,2
2	Витаплан	76,58	77,83	60,57	43,87	54,62
3	Нигор+	76,58	75,25	67,51	42,68	56,72
4	Нигор++	76,58	75,33	55,86	42,73	52,3
5	Амистар Экстра	76,58	75,77	67,16	42,44	52,4
НСР ₀₅		0,1	0,3	0,65	0,2	0,4

Биопрепарат Витаплан на всем протяжении онтогенеза увеличивает содержание влаги в листьях от 1,5 до 3,45% по сравнению с контролем (табл. 2). При этом наибольшее содержание воды отмечено в фазу выхода в трубку и начала колошения. Под влиянием обработки биостимулятором Нигор+ существенное увеличение влаги происходило в фазу колошения (на 10,4%) по сравнению с контролем и в фазу молочно-восковой спелости семян (на 3,5%). Нигор++ не оказал положительного действия на содержание воды, а химический фунгицид благоприятно сказался на содержании влаги в листьях обработанных растений (+10%- в фазу колошения).

Основой любого эксперимента является оценка целесообразности его использования при выращивании опытных культур для повышения урожайности и его качества (рис. 3). Под влиянием препаратов урожайность зерна с делянок увеличилась во всех вариантах (прибавка по отношению к контролю за годы исследований составила от 7,7% до 18,3%). Содержание протеина и клейковины увеличилось на 0,6-1,4% и 0,8-3,3%, соответственно. Лучший результат получен при использовании Нигор⁺⁺ и Нигор⁺ (протеин 15,0-15,6%, клейковина 27,4-28,2%). В большей степени увеличение крахмала произошло в вариантах при обработке Витапланом и Амистар Экстра (6,9 и 6,5%, соответственно).

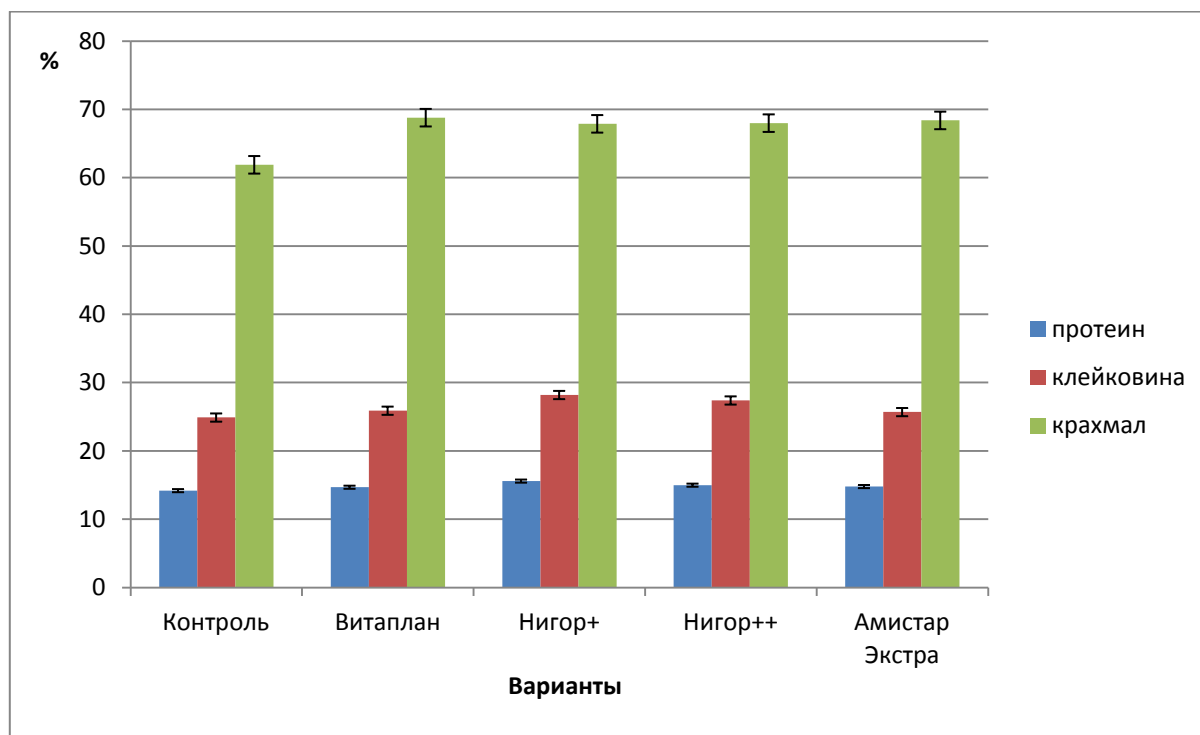


Рис. 3. Среднее содержание протеина, клейковины и крахмала в зерне озимой пшеницы, среднее за 2020-2021 гг.

Была определена корреляционная связь между количественными и качественными показателями урожайности с содержанием сахаров и влаги в листьях озимой пшеницы в различные фазы роста и развития (табл. 3).

В случае сравнения индикатора и результата (урожайности и показателей качества зерна) высокий коэффициент корреляции, характеризующийся сильной силой связи, означает, что за изменением фактора следует соответствующее изменение показателя результата (табл. 3). Таким образом, исследования показали, что содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы, в том числе влияют на количество и качество получаемого зерна, так как применяемые препараты повышают содержание сахаров, выполняющих также водоудерживающую функцию, в листьях. В свою очередь, согласно результатам корреляционного анализа установлено, что содержание белка и клейковины в зерне находится в сильной положительной связи с содержанием сахаров в листьях в фазу выхода в трубку ($r=0,71$ и $r=0,77$ соответственно).

Таблица 3

Количественные критерии оценки тесноты связи показателей урожайности и содержания сахаров и влаги в листьях озимой пшеницы, 2021 г.

Показатели	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости
Величина коэффициента корреляции между урожайностью и оводненностью листьев	0,309859	0,628737	0,069506	-0,1652
Характеристика силы связи	слабая	умеренная	практически отсутствует	
Величина коэффициента корреляции между урожайностью и содержанием сахаров в листьях	0,117835	0,105055	0,229446	0,22702
Характеристика силы связи	практически отсутствует			
Величина коэффициента корреляции между содержанием белка в зерне и оводненностью листьев	-0,1859	0,571528	-0,04782	0,610304
Характеристика силы связи	практически отсутствует	умеренная	практически отсутствует	умеренная
Величина коэффициента корреляции между содержанием белка в зерне и содержанием сахаров в листьях	-0,1812	0,704924	0,607462	0,610078
Характеристика силы связи	практически отсутствует	сильная	умеренная	
Величина коэффициента корреляции между содержанием клейковины в зерне и содержанием оводненностью в листьях	-0,26906	0,279775	-0,04409	0,52138
Характеристика силы связи	практически отсутствует			умеренная
Величина коэффициента корреляции между содержанием клейковины в зерне и содержанием сахаров в листьях	-0,2039	0,773278	-0,448444	0,468433
Характеристика силы связи	практически отсутствует	сильная	слабая	
Величина коэффициента корреляции между содержанием крахмала в зерне и содержанием оводненностью в листьях	0,439443	0,442844	0,407498	0,161284
Характеристика силы связи	слабая			практически отсутствует
Величина коэффициента корреляции между содержанием крахмала в зерне и содержанием сахаров в листьях	0,356932	0,689621	0,51528	0,545513
Характеристика силы связи	слабая	умеренная		

Выводы

Проведено изучение применения химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы и проведена оценка их роли в формировании урожая:

1. В опытных вариантах прибавка урожая по отношению к контролю за годы исследований составила от 7,7% до 18,3%, содержание в зерне протеина, клейковины и крахмала увеличилось на 0,6-1,4%, 0,8-3,3% и 6% соответственно.

2. В процессе вегетации содержание сахаров в листьях озимой пшеницы возрастает от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости семян.

3. У озимой пшеницы на протяжении всего онтогенеза содержание сахаров в опытных вариантах было выше, чем в контрольных, и особенно заметно в фазу молочно-восковой спелости семян в вариантах с Витаплан и Нигор+.

4. Содержание белка и клейковины в зерне находится в сильной положительной связи с содержанием сахаров в листьях в фазу выхода в трубку ($r=0,71$ и $r=0,77$ соответственно).

5. Под влиянием обработки биостимулятором Нигор+ существенное увеличение влаги в листьях происходило в фазу колошения и в фазу молочно-восковой спелости семян.

Литература

1. Яхин О.И., Яхин И.А., Спирихин Л.В., Халилов Л.М. Разработка методов стандартизации состава многокомпонентных биорегуляторов на основе растительного сырья // II съезд ВМСО. Всероссийская конференция с международным участием «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы». Москва. 2005. МБС-19.
2. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Биостимуляторы в агротехнологиях: Проблемы, решения, перспективы// Агрохимический вестник. 2016. № 1. – С.15-22. DOI: 10.24411/1029-2551.
3. Живетьев М. А., Граскова И. А., Поморцев А. В., Войников В. К. Содержание воды и сахаров в листьях лекарственных растений в течение вегетации // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2011. № 4. – С.69-79.
4. Ерохин А.И. Эффективность внекорневой (листовой) обработки растений гороха препаратом Гумат+7 // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 1 (41). – С.56-60. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-56-60.
5. Arafa A., Hussin S., Mohamed Hager. Effect of Potassium Fertilizer, biostimulants and effective microorganisms on growth, carbohydrates concentration and ion percentage in the shoots of potato plants// J. Plant Production, Mansoura Univ. Vol. 4 (1): 15 – 32. 2013: 15-32. DOI:10.21608/jpp.2013.68605Corpus ID: 212723334.
6. Subrahmanyam D., Rathore V. S. Plant Growth Regulators Influence CO₂ Assimilation and Translocation of Assimilates in Indian Mustard/ Journal of Agronomy and Crop Science 1992, 168(3): 145-152. DOI: 10.1111/j.1439-037x.1992.tb00992.
7. Daniela Moreno, Federico J. Berli, Patricia N. Piccoli & Rubén Bottini. Gibberellins and Absciscic Acid Promote Carbon Allocation in Roots and Berries of Grapevines/ Journal of Plant Growth Regulation, 2011. № 30, P.220–228. DOI 10.1007/s00344-010-9186-4.
8. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник М.: Дрофа, 2010. - 638 с.
9. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н. и др. Средство для предпосевной обработки семян гороха /Патент №2463759, 20 октября 2012 г, Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам №29. Издательство Роспатент.
10. Ларикова Ю.С., Волобуева О.Г. Современные представления об эколого-физиологической роли корневых экссудатов растений (Обзорная статья) // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4 (40). – С.93-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-93-101.
11. Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos and Lúcia Helena Garófalo Chaves. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses// Reviewed: July 26th, 2019 Published: November 7th, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.88829.
12. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 645 с.

References

1. Yakhin O.I., Yakhin I.A., Spirikhin L.V., Khalilov L.M. Razrabotka metodov standartizatsii sostava mnogokomponentnykh bioregulyatorov na osnove rastitel'nogo syr'ya [Development of methods for standardization of the composition of multicomponent bioregulators based on plant materials]. II s'ezd VMSO. Vserossiiskaya

- konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem «Mass-spektrometriya i ee prikladnye problemy» [II Congress of the VMSO. All-Russian conference with international participation "Mass spectrometry and its applied problems"]. Moscow, 2005, MBS-19. (In Russian)
2. Yakhin. O.I., Lubyayov A.A., Yakhin I.A. Biostimulyatory v agrotekhnologiyakh: Problemy, resheniya, perspektivy [Biostimulants in agricultural technologies: Problems, solutions, prospects]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2016, no. 1, pp.15-22. DOI: 10.24411/1029-2551. (In Russian)
 3. Zhivet'ev M.A., Graskova I.A., Pomortsev A.V., Voinikov V.K. Soderzhanie vody i sakharov v list'yakh lekarstvennykh rastenii v techenie vegetatsii [The content of water and sugars in the leaves of medicinal plants during the growing season]. *Zhurnal stress-fiziologii i biokhimii*. 2011, 7, no. 4, pp.69-79. (In Russian)
 4. Erokhin A.I. Effektivnost' vnekornevoi (listovoi) obrabotki rastenii gorokha preparatom Gumat+7 [Efficiency of foliar (leaf) treatment of pea plants with Gumat+7] . *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022, no.1 (41), pp.56-60. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-56-60. (In Russian)
 5. Arafa A., Hussin S., Mohamed Hager. Effect of Potassium Fertilizer, biostimulants and effective microorganisms on growth, carbohydrates concentration and ion percentage in the shoots of potato plants. *J. Plant Production*, Mansoura Univ. Vol. 4 (1): 15 – 32. 2013: 15-32. DOI:10.21608/jpp.2013.68605Corpus ID: 212723334.
 6. Subrahmanyam D., Rathore V.S. Plant Growth Regulators Influence CO₂ Assimilation and Translocation of Assimilates in Indian Mustard. *Journal of Agronomy and Crop Science* 1992, 168(3): 145-152. DOI: 10.1111/j.1439-037x.1992.tb00992.
 7. Daniela Moreno, Federico J. Berli, Patricia N. Piccoli & Rubén Bottini. Gibberellins and Absciscic Acid Promote Carbon Allocation in Roots and Berries of Grapevines. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2011. № 30, pp.220–228. DOI 10.1007/s00344-010-9186-4.
 8. Koshkin E.I. Fiziologiya ustoichivosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: uchebnik [Physiology of crop sustainability: textbook] 2010, Moscow, Drofa Publ., 638 p. (In Russian)
 9. Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N. et al. Sredstvo dlya predposevnoi obrabotki semyan gorokha [Means for pre-sowing treatment of pea seeds] . Patent №2463759, October 20, 2012, Inventions. Useful models. Official Bulletin Rospatent (In Russian)
 10. Larikova Yu.S., Volobueva O.G. Sovremennye predstavleniya ob ekologo-fiziologicheskoi roli kornevykh eksudatov rastenii (Obzornaya stat'ya) [Modern ideas about the ecological and physiological role of plant root exudates (Review article)]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, 4 (40), pp.93-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-93-101. (In Russian)
 11. Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos and Lúcia Helena Garófalo Chaves. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses// Reviewed: July 26th, 2019 Published: November 7th, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.88829.
 12. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu [State Register of Breeding Achievements Approved for Use]. V. 1. «Sorta rastenii» (ofitsial'noe izdanie) ["Plant Varieties (official edition)]. - Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2022, 645 p. (In Russian)

БИОЛОГИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

С.В. РЕЗВЯКОВА, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-7681-4516

Л.П. ЕРЕМИН, А.В. ТАРАКИН, М.А. ДОГАДИНА,

кандидаты сельскохозяйственных наук

КОНЕЕВА О.А., аспирант

ФГБОУ ВО ОРЛОВСКИЙ ГАУ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

E-mail: lana8545@yandex.ru

*Цель исследований – регуляция фитосанитарного состояния посевов озимой пшеницы на основе применения биологических препаратов. В статье представлены результаты оценки фитосанитарной ситуации посевов, исследованы грибные болезни, степень их распространения, обосновано применение биологических фунгицидов и биостимуляторов, проанализирована биологическая эффективность их использования, выявлено влияние защитных мероприятий на продуктивность и качество зерна. Высевали сорт озимой пшеницы Московская 40 на темно-серой лесной почве. Семена 1-й репродукции. Предшественник – гречиха. Анализ результатов показал, что протравливание семян озимой пшеницы фунгицидом Скарлет, МЭ (имазалил+тебуконазол) способствовало защите культуры от грибных болезней до конца июня. Двукратная обработка посевов биофунгицидом Виталан (тип10+10КОЕ/г) *Bacillus subtilis*. Штамм ВКМ-B-2604D + *Bacillus subtilis*. штамм ВКМ-B-2605D) и химическим фунгицидом Амистар Экстра, СК (азоксистробин+ципроконазол) оказали существенное влияние на снижение распространенности и развития грибных болезней. Биологическая эффективность химического фунгицида по сравнению с биологической была выше в фазу молочно-восковой спелости зерна на 23,8%. Прибавка урожайности по сравнению с контролем при использовании биопрепаратов Нигор (биофлавоноиды гречихи) и Нигор++ (биофлавоноиды гречихи и экзометаболиты *Trichoderma atroviride* ВКПМ F-1434 в соотношении компонентов 1:1) составила 7,1%, Виталан – 9,5%, Амистар Экстра, СК – 14,3%.*

Ключевые слова: озимая пшеница, биопрепараты, биологическая эффективность, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Резвякова С.В., Еремин Л.П., Таракин А.В., Догадина М.А., Конеева О.А. Биологизированная технология возделывания озимой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43): 94-99. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-94-99

BIOLOGICAL TECHNOLOGY OF WINTER WHEAT CULTIVATION

S.V. Rezvyakova, L.P. Eremin, A.V. Tarakin, M.A. Dogadina, O.A. Koneeva

FSBEE HE «N.V. PARAKHIN STATE AGRARIAN UNIVERSITY, OREL»

E-mail: lana8545@yandex.ru

Abstract: *The aim of the research is to regulate the phytosanitary state of winter wheat crops through the use of biological preparations. The article presents the results of the evaluation of the phytosanitary situation of crops, examines fungal diseases, the extent of their spread, justified the*

use of biological fungicides and biostimulants, analyzed the biological effectiveness of their use, revealed the effect of protective measures on productivity and quality of grain. Sown winter wheat variety Moscow 40 on dark gray forest soil. Seeds of the 1st reproduction. The precursor was buckwheat. Analysis of the results showed that seed dressing of winter wheat with fungicide Scarlet, ME (imazalil + tebuconazole) helped to protect the crop from fungal diseases until the end of June. Double treatment of crops with Vitaplan biofungicide (titer 10+10 COE/g) Bacillus subtilis. Strain VKM-B-2604D + Bacillus subtilis. strain VKM-B-2605D) and chemical fungicide Amistar Extra, SC (azoxystrobin+cyproconazole) had a significant impact on reducing the incidence and development of fungal diseases. Biological effectiveness of chemical fungicide compared to biological fungicide was higher in the phase of milk-wax ripeness of grain by 23.8%. Yield increase compared to the control when using the biological preparations Nigor (buckwheat bioflavonoids) and Nigor++ (buckwheat bioflavonoids and Trichoderma atroviride exometabolites VKPM F-1434 in a 1:1 component ratio) was 7.1%, Vitaplan – 9.5%, Amistar Extra, SC – 14.3%.

Keywords: winter wheat, biopreparations, biological efficiency, yield, grain quality.

Возрастающие масштабы применения интенсивных и энергосберегающих технологий позволили земледельцам получать высокие урожаи зерна озимой пшеницы - до 7-9 т/га. При этом остро и актуально встал вопрос о сокращении использования химических средств защиты и замены их на биопрепараты в целях получения экологически безопасной продукции и снижения пестицидной нагрузки на агроценоз [1-3].

Перед аграриями поставлена задача биологизации и экологизации производства сельскохозяйственной продукции. Это достигается внедрением новых сортов, которые отличаются высокой продуктивностью и устойчивостью к сумме неблагоприятных факторов природной среды [4]. Кроме того, повысить адаптивные свойства растений можно за счет использования иммуномодуляторов, стимуляторов роста и развития, созданных на основе продуктов метаболизма микроорганизмов и вытяжек из растений [5-7]. Большое влияние на общее состояние растений оказывают способы обработки почвы, удобрения и средства защиты растений [8]. Изучение механизмов, лежащих в основе защитного действия полезных грибов против болезней растений, позволит подвести теоретическую основу для создания новых биофунгицидов и внедрения их в производство [9]. Одним из путей снижения пестицидной нагрузки на агроценоз является использование биологических средств защиты растений наряду с химическими [10].

Цель исследований – регуляция фитосанитарного состояния посевов озимой пшеницы на основе применения биостимуляторов и биофунгицидов. В задачи исследований входило изучение фитосанитарной ситуации посевов, проведение учетов грибных болезней, степени их распространения, обоснование применения биологических фунгицидов и биостимуляторов на посевах озимой пшеницы.

Материалы и методы исследований

В опыте использовали сорт озимой пшеницы Московская 40, семена 1-й репродукции. Посев проводили в первой декаде сентября 2019 и 2020 гг. обработанными семенами фунгицидным протравителем Скарлет, МЭ (имазалил+тебуконазол). Предшественник – гречиха. Тип почвы – темно-серая лесная среднесуглинистая. Кислотность почвы – 5,7. Содержание макроэлементов: P_2O_5 – 11,5 мг/100 г почвы, K_2O – 10,9 мг/100 г почвы, содержание гумуса 4,1%.

Изучали следующие средства защиты посевов озимой пшеницы от возбудителей грибных болезней: (азоксистробин+ципроконазол)

Амистар Экстра, СК (азоксистробин+ципроконазол) - системный фунгицид для борьбы с широким спектром болезней на зерновых культурах.

Витаплан, СП (титр 10+10 КОЕ/г) Bacillus subtilis. Штамм ВКМ-В-2604D + Bacillus subtilis. штамм ВКМ-В-2605D. Препарат блокирует зооспорангии грибных болезней.

Биостимулятор Нигор, полученный на основе биофлавоноидов гречихи (патент РФ № 2463759).

Комплексный биостимулятор и одновременно биофунгицид Нигор++ содержит кроме биофлавоноидов экзометаболиты *Trichoderma atroviride* ВКПМ F-1434 в соотношении компонентов 1:1. Биопрепараты Нигор и Нигор++ предоставлены для испытаний доктором сельскохозяйственных наук Павловской Н.Е., за что авторы выражают благодарность.

Обработки проводили в третьей декаде мая в фазу начала выхода в трубку и повторно во второй декаде июня в фазу колошения по флаговому листу. Учет болезней проводили непосредственно перед обработкой и через 20 и 40 дней после обработки. Состояние растений озимой пшеницы в дни обработок хорошее, фитотоксичность не проявлялась.

Распространение болезней устанавливали в результате осмотра участков и подсчета на них количества растений с признаками болезней и указанием вида болезни. Для оценки степени развития болезней применяли комбинированную процентно-балльную шкалу: 0 – отсутствие болезни; 1 – поражено до 10% поверхности; 2 – от 1 до 25%; 3 – от 26 до 50%; 4 – свыше 50% поверхности. Для отбора проб применяли рамку 0,5х0,5=0,25 м². Расчет биологической эффективности проводили по формуле $C = (A - B / A) \times 100$ где: С - биологическая эффективность в %; А – развитие болезни до обработки или без обработки; В - то же после обработки.

Метеоусловия в дни обработок были следующие: температура 20-24°C, влажность 48-50%, облачность 2 балла, скорость ветра 3-4 м/с. Осадки не выпадали. Учеты степени развития и поражения посевов озимой пшеницы болезнями, а также биологическую эффективность фунгицидов проводили в соответствии с общепринятой методикой. Урожай убирали в конце первой декады августа.

Результаты и их обсуждение

Учет болезней, проведенный в фазу начала выхода в трубку позволил выявить единичное проявление только мучнистой росы на контрольном варианте (рис. 1-2). Это свидетельствует о том, что использование протравителя семян Скарлет, МЭ является высокоэффективным агроприемом, который позволяет защищать посевы озимой пшеницы от грибных болезней в фазу кущения и начала выхода в трубку.

Во второй декаде июня в фазу колошения складывались благоприятные погодные условия для развития болезней, таких как бурая листовая ржавчина, септориоз, гельминтоспориоз. Выпавшие обильные осадки и значительное похолодание в начале июня, а затем резкое потепление спровоцировали распространение и развитие болезней. Применяемые средства защиты сдерживали их проявление. Так, на контрольном варианте развитие болезней составило 34,7% (табл. 1). Биологическая эффективность биофунгицида Витаплан, СП составила 30,1%, химического фунгицида Амистар Экстра, СК – 60,5%. Биопрепараты Нигор и Нигор++ также оказали положительное влияние на фитосанитарное состояние посевов, т.к. сдерживали развитие болезней на 15,6 и 18,4% соответственно.



Рис. 1-2. Мучнистая роса на озимой пшенице в фазу выхода в трубку, 2021 г.

Таблица 1

Развитие грибных болезней на посевах озимой пшеницы через 20 дней после обработки

№	Вариант	Кол-во учетных растений, шт.	Кол-во пораженных раст., шт.	Развитие болезни, %	Биологическая эффективность, %
1	Контроль	100	34,7	34,7	-
2	Витаплан, СП	100	24,3	24,3	30,1
3	Нигор	100	29,3	29,3	15,6
4	Нигор++	100	28,3	28,3	18,4
5	Амистар Экстра, СК	100	13,7	13,7	60,5
	НСР ₀₅	-	-	3,18	5,46

В фазу молочно-восковой спелости биопрепарат Витаплан снизил количество пораженных растений на 22%, биологическая эффективность составила 26.2%. При использовании химического фунгицида Амистар Экстра, СК выявлены значительно лучшие результаты – соответственно 42% и 50%. Биостимуляторы Нигор и Нигор++ снизили количество пораженных растений на 10 и 14% соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Учет болезней растений озимой пшеницы в фазу молочно-восковой спелости зерна в первой декаде июля

Вариант	Учетных растений, (шт.)	Больных растений (поражение флагового листа), (шт.)	Пораженных растений, %	Биологич. эффективность, %
Контроль	50	42	84	-
Витаплан, СП	50	31	62	26,2
Нигор	50	37	74	11,9
Нигор++	50	35	70	16,7
Амистар Экстра, СК	50	21	42	50,0
НСР ₀₅	-	-	-	4,21

Анализ структуры формирования урожайности и учет урожая озимой пшеницы показал, что биофунгицид Витаплан и биостимуляторы Нигор и Нигор++ дали прибавку 0,3-0,4 т/га к контрольному варианту (табл. 3). На фоне положительного защитного влияния на посевы озимой пшеницы фунгицид Амистар Экстра обеспечил повышение урожайности на 0.6 т/га по сравнению с контролем.

Таблица 3

Качество зерна озимой пшеницы в опыте с применением биологических и химических средств защиты

Вариант	Масса 1000 зерен, (г)	Урожайность, (т/га)	Протеин, %	Клейковина, %	Седиментация, мл
Контроль	43,3	4,2	13,9	24,4	42,2
Витаплан, СП	45,3	4,6	14,4	26,5	45,1
Нигор	47,6	4,5	15,0	27,2	45,2
Нигор++	47,9	4,5	14,6	26,2	48,6
Амистар Экстра, СК	42,5	4,8	14,4	25,0	45,4
НСР ₀₅	1,76	0,24	0,43	0,52	2,12

При определении качества зерна влажность последнего была на уровне 13,9-14,0%, что соответствует ГОСТу. На контрольном варианте содержание сырого протеина составило 13,9%. На варианте с использованием биопрепарата Нигор прибавка по данному показателю составила 1,1%. На остальных вариантах – 0,5-0,7%. Содержание клейковины варьировало в пределах от 24,4 до 27,2%. Минимальная прибавка 0,6% выявлена на варианте с химическим фунгицидом Амистар Экстра, СК. На вариантах с биопрепаратами прибавка составила 1,8-2,8%.

По содержанию крахмала выделены два варианта – Витаплан, СП и Амистар Экстра, СК (68,5 и 68,0% соответственно). Прибавка по отношению к контролю составила 6,3 и 6,8%.

Показатель «седиментация» определяет качество муки и хлебобулочных изделий из этой муки. Разработана соответствующая классификация мягкой пшеницы по показателям седиментации: сильная – 50 мл и выше; ценная – 30-40 мл; слабая – менее 30 мл. По результатам наших исследований мука со всех вариантов относится к категории ценной. На варианте с использованием биопрепарата Нигор++ данный показатель достиг максимального значения – 48,6 мл.

Несмотря на относительно благополучные метеоусловия вегетационных периодов в плане сдерживания развития грибных болезней, применяемые средства защиты оказали положительное влияние на фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы. Наблюдения показали, что в период возобновления вегетации весной и на начальных фазах развития культуры, применяемые химические и биологические фунгициды сдерживали развитие болезней вплоть до фазы молочно-восковой спелости. Это открывает перспективу дальнейшего применения биофунгицидов в целях снижения пестицидной нагрузки на агробиоценоз. Обязательным агроприемом является использование протравителей семян. В период весеннего возобновления вегетации в фазу начала выхода в трубку целесообразно использовать системный химический фунгицид Амистар экстра, СК, поскольку продолжительность его защитного действия составляет до 3-х недель. В дальнейшем в зависимости от погодных условий и распространения болезней можно применять биологические препараты с интервалом 7-10 дней.

Выводы

1. Протравливание семян озимой пшеницы фунгицидом Скарлет, МЭ способствовало защите культуры от грибных болезней вплоть до конца июня.

2. Двукратная обработка посевов биофунгицидом Витаплан и химическим фунгицидом Амистар Экстра, СК оказали существенное влияние на снижение распространенности и развития грибных болезней. Биологическая эффективность химического фунгицида по сравнению с биологическим была выше в фазу молочно-восковой спелости зерна на 23,8%.

3. Прибавка урожайности озимой пшеницы по сравнению с контролем при использовании биопрепаратов Нигор и Нигор++ составила 7,1%, Витаплан – 9,5%, Амистар Экстра, СК – 14,3%.

Литература

1. Койшыбаев М. Болезни пшеницы: монография. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО). – Антара. – 2018. – 394 с.
2. Шабалкин А.В., Иванова О.М., Скорочкин Ю.П. и др. Технология выращивания озимой пшеницы в Тамбовской области. – Тамбов. – 2019. – 158 с.
3. Сандухадзе Б.И., Бугрова В.В., Крахмалёва М.С. и др. Особенности генотипа сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Нечерноземной зоны РФ // Российская сельскохозяйственная наука, - 2020. - № 5. – С. 8-11. DOI: 10.31857/S2500262720050026
4. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С. и др. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы её структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2021. - № 3 (39). – С. 17-22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22
5. Patrick du Jardin. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation // Scientia Horticulturae. - 2015. - 196 p. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021
6. Naeem Khan N, Asghari M, Bano D, Babar Ali. Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rain fed agriculture // PLoS ONE. – 2020. – V. 15(4). – P. 1-32. DOI: 10.1371/journal.pone.0231426
7. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И. Микробиологические препараты для защиты пшеницы от возбудителей грибных болезней // Агрохимия. - 2017. - № 6. – С. 81-91

8. Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Влияние основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2021. - № 4 (40). – С. 53-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-53-58
9. Mansour Ghorbanpour, Mahtab Omidvari, Payman Abbaszadeh-Dahaji and others. Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases // Biological Control. - 2018. - V. 117. - P. 147-157.
10. Rezvyakova S, Eremin L, Matveychuk P, Mitina E The influence of biofungicide and chemical fungicides on the manifestation of diseases and the yield of soybeans // E3S Web of Conferences. 2. Сер. "International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021". – 2021. DOI:10.1051/e3sconf/202124701046

References

1. Koishybaev M. Diseases of wheat: a monograph. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Antara, 2018, 394 p.
2. Shabalkin A.V., Ivanova O.M., Skorochkin Y.P. et al. Technology of growing winter wheat in the Tambov region. Tambov, 2019, 158 p. (In Russian)
3. Sandukhadze B.I., Bugrova V.V., Krakhmalieva M.S. et al. Peculiarities of the genotype of winter wheat varieties cultivated in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation, *Russian Agricultural Science*, 2020, No 5, pp. 8-11. DOI: 10.31857/S2500262720050026
4. Sandukhadze B.I., Mammadov R.Z., Krakhmaleva M.S. et al. Yield of winter soft wheat varieties, elements of its structure and adaptive properties in conditions of Non-Chernozem zone, *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, No 3 (39), pp. 17-22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22 (In Russian)
5. Patrick du Jardin. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, *Scientia Horticulturae*, 2015, 196 p. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021
6. Naeem Khan N, Asghari M, Bano D, Babar Ali. Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rain fed agriculture, PLoS ONE, 2020, V. 15(4), pp. 1-32. DOI: 10.1371/journal.pone.0231426
7. Grishechkina L. D., Dolzhenko V. I. Microbiological preparations for the protection of wheat from fungal pathogens, *Agrochemistry*, 2017, No 6, pp. 81-91 (In Russian)
8. Vorontsov V.A., Skorochkin Y.P. Influence of main tillage, fertilizers and plant protection agents on productivity of winter wheat, *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, No 4 (40), pp. 53-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-53-58 (In Russian)
9. Mansour Ghorbanpour, Mahtab Omidvari, Payman Abbaszadeh-Dahaji and others. Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases, *Biological Control*, 2018, V. 117, pp. 147-157.
10. Rezvyakova S, Eremin L, Matveychuk P, Mitina E The influence of biofungicide and chemical fungicides on the manifestation of diseases and the yield of soybeans, E3S Web of Conferences. 2. Ser. "International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021", 2021. DOI:10.1051/e3sconf/202124701046

ОЦЕНКА МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ АДАПТИВНЫХ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ.

Л.А. ЕРШОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-8568-2837

Т.Г. ГОЛОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-3296-1984

E-mail: niish1c@mail.ru

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.Я. ДОКУЧАЕВА»

Ускоренное выявление адаптивных генотипов предполагает применение соответствующих анализирующих фонов. Проведена оценка эффективности предложенного Ф.Г. Кириченко и Н.А. Литвиненко способа получения устойчивой к неблагоприятным экологическим факторам популяции самоопыляющихся культур. Способ состоит из 2 этапов: 1 - создание двухкомпонентной смеси из равного количества семян гибридной популяции и сорта-эталона, обладающего высокой конкурентной способностью и контрастными визуальными признаками, путем механического смешивания и пересев ее в течение 2-3 лет; 2 – удаление выживших растений сорта-эталона и дальнейшее изучение популяции в селекционном процессе. Результаты исследований подтвердили эффективность метода. Наибольшая результативность получена при использовании в смеси количества семян, соответствующих оптимальной в зоне норм высева 5 млн. семян/га (250+250). Отмечено, что максимальный сдвиг в сторону увеличения продуктивности в отборах на конкурентоспособность при выращивании в смеси с многорядным ячменем, получен в комбинациях с эколого-отдаленными формами.

Ключевые слова: ячмень, адаптивность, селекционная линия, метод отбора.

Для цитирования: Ершова Л.А., Голова Т.Г. Оценка метода выявления адаптивных к неблагоприятным факторам среды линий ярового ячменя. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43): 100-108. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-100-108

EVALUATION OF THE METHOD FOR DETECTING SPRING BARLEY LINES ADAPTIVE TO ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS

L.A. Ershova, T.G. Golova

FSBSI «V.V. DOKUCHAEV FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER, VORONEZH»

E-mail: niish1c@mail.ru

Abstract: Identification of adaptive genotypes requires the use of appropriate analyzing backgrounds. The efficiency of the method proposed by F.G. Kirichenko and N.A. Litvinenko for obtaining a population of self-pollinating crops resistant to adverse environmental factors was evaluated. The method consists of 2 stages: 1 - creation of a two-component mixture of an equal number of seeds of a hybrid population and a reference variety with high competitive ability and contrasting visual characteristics by mechanical mixing, replanting it for 2-3 years; 2 - removal of surviving plants of the reference variety and further study of the population in the breeding process. The research results confirmed the effectiveness of the method. The greatest effectiveness was obtained when using the amount of seeds in the mixture corresponding to the optimal seeding rate (250 + 250). It is noted that the maximum shift towards increasing productivity in the selection for competitiveness when grown in a mixture with multi-row barley was obtained in combinations with ecologo-remote forms.

Keywords: barley, adaptability, breeding line, selection method.

Введение

Достигнутая потенциальная продуктивность современных сортов достаточно высока, но реализованная урожайность составляет не более 30-50% потенциальной и характеризуется значительной вариабельностью. Сорт, являясь результатом сложного взаимодействия «генотип – среда», реализует свой продукционный потенциал и технологические качества в конкретных средовых условиях. Поэтому основное внимание у создаваемых сортов необходимо обращать на адаптивный потенциал [1].

Создавая адаптивные сорта, селекционеры прямыми, непосредственными методами в большей степени могут контролировать реальную урожайность, качество зерна и поражение растений болезнями и вредителями, в меньшей – стабильность урожая во времени и пространстве. Для определения последней необходимо широкое экологическое испытание или применение соответствующих анализирующих фонов, причем не только на выходе нового сорта в производство, но и на ранних этапах селекции [2-4]. При этом результативность селекционного процесса в значительной степени зависит от эффективного подбора в качестве исходного материала генотипов с высокой экологической адаптивностью (пластичностью и стабильностью) [5]. Многие селекционеры отмечают, что выделение трансгрессивных форм из старших поколений обеспечивает более высокую константность по селектируемым признакам, причем относительное числовое выражение достоверно превышает не только лучшую родительскую форму, но и стандартные сорта. Любая линия представляет собой подвижную физиолого-генетическую систему, находящуюся в состоянии гомеостаза. Онтогенетический гомеостаз определяет обратимость функций организма после их изменения под влиянием условий внешней среды [6, 7].

В условиях резко континентального климата Каменной Степи рекомбинез и онтогенез генетической системы «настраивается» на формирование экстенсивных реакций, которые снижают частоту и степень проявления трансгрессий, а также потенциал слагающих продуктивность элементов. Перестройка популяции будет тем большей, чем ниже приспособленность составляющих ее генотипов к данному фактору среды и наоборот. Среда не только отбирает наиболее приспособленные генотипы, но и в определенной мере детерминирует частоту и спектр рекомбинантов, которые будут предъявлены в следующем поколении, причем характер этой детерминации существенно зависит от приспособленности организма [8].

Цель исследований – оценка эффективности способа получения устойчивой к неблагоприятным экологическим факторам популяции самоопыляющихся культур, предложенного Ф.Г. Кириченко и Н.А. Литвиненко [9].

Материал и методы исследований

Исследования проводились в 2018-2021 годах на полях селекционного севооборота Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева. Посев проводился сеялкой СУ-10 на площади 1 м² (2018-2019 годы), 1,5 м² (2020 год), 10 м² (2021 год) в четырехкратной (2018-2020 гг.) и двукратной (2021 г.) повторностях.

Условия проведения исследований характеризовались неравномерным распределением осадков и температурным режимом по годам (табл. 1).

Таблица 1

Показатели увлажненности в период вегетации ярового ячменя

Фаза вегетации	ГТК			
	2018	2019	2020	2021
Всходы – выход в трубку	1,11	1,03	1,59	1,55
Выход в трубку – колошение	0,20	0,44	0,74	0,71
Колошение – спелость	0,37	0,80	0,73	0,76

Обилие осадков в апреле 2018 года вызвало избыток почвенной влаги. В течение практически всего вегетационного периода (от выхода в трубку до восковой спелости)

удерживалась сухая погода с преобладанием повышенных температур при относительной влажности воздуха ниже многолетних значений. На фоне повышенных температур растения испытывали дефицит почвенной влаги и в отсутствие существенных осадков могли использовать только ее весенние запасы. Вегетационный период характеризовался как острозасушливый. В 2019 году резкое нарастание температур отмечалось уже с начала апреля, сопровождавшееся в 3 декаде месяца атмосферной засухой. Влага из поверхностных слоев почвы терялась на прямое испарение, и лишь к моменту появления всходов прошли дожди, смягчившие условия начального периода вегетации. Высокие температуры продержались до конца июня, изредка выпадающие дожди невысокой интенсивности (75,4% к среднемноголетним значениям) несколько смягчили дефицит влаги в почве от фазы колошения до молочной спелости. Осадки июля существенного влияния на формирование урожая уже не имели. Период вегетации в 2020 году по количеству осадков в целом характеризовался как средне обеспеченный. Пониженный температурный режим до фазы выхода в трубку был оптимальным для развития ячменя. С фазы колошения и до спелости наблюдалось резкое нарастание температур, отмечался засухой. Дожди в начале июля смягчили условия вегетации и позволили сформировать выполненное зерно. Хорошая влагообеспеченность до колошения в 2021 году обеспечила формирование мощного по высоте и густоте стеблестоя. Но в результате сильные ливни со шквалистыми ветрами в период налива зерна до молочной спелости спровоцировали сильное полегание посевов, а последующие высокие температуры воздуха, достигающие до 35°C, отрицательно сказались на полноценном наливе зерна.

В работу были включены перспективные селекционные линии из выходных звеньев: (Победит х Ида) х Золак, (Исток х Са 53102) х Камышинский 23, Дерибас х Зазерский 85, Владимир х Гетьман, Маргрет х Маделайне и из раннего питомника (СП-2г) – Эней х Двина, Носовский 11 х Ясный, с целью оценки на конкурентоспособность и адаптивность. В качестве сорта-эталона, легко отличимого от представленных селекционных форм, использован многоурядный сорт Гелиос УА.

Анализируемый способ предусматривает создание двухкомпонентной смеси из равного количества семян гибридной популяции и сорта-эталона, обладающего высокой конкурентной способностью и контрастными визуальными признаками, путем механического смешивания, пересева ее в течение 2-3 лет, удаления выживших растений сорта-эталона и дальнейшее изучение популяции в селекционном процессе. Посев смеси осуществлялся два года. Для усиления фона отбора метод был модифицирован добавлением вариантов: 1 – смесь по 250 зерен изучаемого образца и сорта-эталона (оптимальная, рекомендованная в зоне норма – 5 млн. семян на гектар), 2 – смесь по 350 зерен каждого компонента (загущенный посев), 3 – смесь по 250 зерен с внесением удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$. Посев смеси проведен в 2018 году, пересев – в 2019 году. Продуктивность отборов, выделенных из смеси после двух лет посева изучалась в первый год (2020 год) в сравнении с исходной формой, а в 2021 году в сравнении с общим для питомника стандартом. По количеству выживших в смеси двурядных форм оценивалась конкурентоспособность селекционных линий.

Загущенный посев является дополнительным фактором создания стрессовых условий вегетации и конкуренции растений, в варианте с повышением плодородия почвы, напротив, расширялись границы комфортного режима вегетации и проявления продуктивных генотипов.

Статистическая обработка данных проведена на ПК «CX STAT» по методике Б.А. Доспехова [10], экологическую пластичность и стабильность рассчитывали по S.A. Eberhart, W.A. Russell в методической версии В.З. Пакудина и Л.М. Лопатиной [11].

Результаты и их обсуждение

В условиях оптимального увлажнения начала вегетации в 2018 году внесение удобрений дало значительный положительный эффект. Выделенные из смеси растения всех изучаемых линий на удобренном фоне существенно превосходили по показателям

продуктивной кустистости, массы 1000 семян и урожайности в целом, аналогичные показатели в остальных вариантах. Достаточная влагообеспеченность позволила растениям сформировать высокую густоту стеблестоя и крупное, хорошо выполненное зерно даже в условиях дополнительной стрессовой нагрузки загущенного посева (по сравнению с 2019 годом). Однако в создавшихся далее условиях засухи развернулась сильная конкуренция растений за ресурсы, что отразилось в сохранности растений к уборке. Поэтому в загущенном посеве в условиях года отмечены наиболее низкий процент выживших к уборке растений линий в целом и достоверное снижение показателей продуктивности и урожая (табл. 2).

Таблица 2

Хозяйственные показатели линий в смеси (средние по варианту)

Вариант опыта	2018 год				2019 год					
	Растений к уборке, %	Продуктивная кустистость, шт	Масса зерна с растения, г	Урожайность, г/м ²	Растений к уборке, %	Продуктивная кустистость, шт	Масса зерна с растения, г		Урожайность, г/м ²	
							линии	Гелиос УА	Линии	Гелиос УА
250+250	45,3	2,5	2,03	217,5	65,5	2,2	1,23	1,44	242,8	154,0
350+350	40,2	2,2	1,66	200,0	56,7	2,1	1,27	1,39	172,9	136,8
(250+250)+уд.	46,3	3,1	2,75	300,1	58,5	2,1	1,38	1,64	211,8	163,4
НСР ₀₅	2,1	0,25	0,24	30,3	3,9	0,10	0,11		37,1	

По сформированной в смеси урожайности на всех трех фонах выделились линии Дерибас х Зазерский 85, Владимир х Гетьман и Маргрет х Маделайне. Эти линии характеризовались высокой долей их растений в смеси (данные по каждой линии представлены в таблице 3), показатели экологической пластичности, рассчитанные по всем вариантам опыта, у них были выше 1 при среднем показателе гомеостатичности. Несколько ниже урожай линии (Исток х Са53102) х Камышинский 23, сформировавшей высокую продуктивную кустистость, но мелкое зерно. В пересеве в условиях недостаточной влагообеспеченности 2019 года лучшие результаты вегетации растений и формирование элементов продуктивности получены в варианте оптимального посева. Здесь же отмечено и более высокое процентное содержание растений линий в смеси к уборке. Линии из варианта загущенного посева сформировали достоверно низкий продуктивный стеблестой и массу растения. Известно, что внесение удобрений более существенно влияет на такие элементы структуры урожая как озерненность колоса и масса 1000 зерен, продуктивный стеблестой при этом играет меньшую роль, чем без их внесения. Последствие внесения удобрений в засушливых условиях проявилось в формировании более высокой массы зерна при низком числе продуктивных стеблей на 1 м² в целом по опыту.

По элементам продуктивности (продуктивная кустистость, масса зерна с растения) отдельных растений и урожайности линии в пересеве смеси также по всем вариантам выделились линии (Победит х Ида) х Золак, Владимир х Гетьман и Маргрет х Маделайне. В варианте оптимального посева лучшие показатели по продуктивности с учетом доли конкурирующих двурядных растений получены также у линии (Исток х Са53102) х Камышинский 23. Продуктивная линия Дерибас х Зазерский 85 в конкурентных условиях смеси показала низкую продуктивность растений по всем вариантам опыта, что объясняется низким содержанием растений линии в смеси и их низкой продуктивной кустистостью. Это указывает, по предположению изучаемого метода, на более низкую адаптивную способность образца по сравнению с другими.

Необходимо отметить, что предшествующие началу проведения опыта годы характеризовались как благоприятные для роста и развития растений ячменя (2014-2016 гг.)

или с избыточным увлажнением и пониженным температурным режимом за период вегетации (2017 гг.). Продуктивные линии из ранних питомников Эней х Двина и Носовский 11 х Ясный, как менее стабильные по признаку адаптивности к засушливым условиям, сформировали самую низкую массу зерна с растения. Анализ урожайности сорта-эталона Гелиос УА показал, что формируя более высокую массу зерна с растения в разных вариантах посева, сорт уступал линиям по урожайности за счет меньшего числа его растений в смеси. Этот факт подтверждает более высокую конкурентоспособность к местным климатическим условиям двурядных селекционных линий по сравнению с многорядным сортом.

Наиболее высокая продуктивность в 2020 году по всем вариантам посева была сформирована у отборов из селекционных линий Владимир х Гетьман и (Победит х Ида) х Золак. Продуктивность отборов образца Владимир х Гетьман превысила исходную форму на 10,4-25,8%, с наибольшей продуктивностью отборов из варианта с загущенным посевом. Отборы из линии (Победит х Ида) х Золак сформировали урожайность на уровне 98,4-113,1% к исходной форме, наиболее урожайными оказались отборы из варианта оптимального посева (250+250), но более высокая масса 1000 зерен сформирована в варианте отборов из загущенного посева (350+350). Самая низкая продуктивность в сочетании с формированием более мелкого зерна практически по всем линиям отмечается в варианте с внесением удобрений (250+250 NPK) (табл. 3).

То есть, среди линий, выращиваемых в благоприятных условиях, формируется очень мало адаптивных к засушливым условиям среды форм. Полученные результаты подтверждают выводы А.В. Кильчевского, который, проанализировав основные закономерности взаимодействия «генотип х среда» отмечал, что в средних по продуктивности средах сохраняется изменчивость генотипов по норме реакции и максимальная эффективность отбора на общую адаптивную способность. Он также указывал, что отбор в богатых или бедных средах может привести к потере экологической стабильности и выделению узко приспособленных генотипов [4].

Таблица 3

Продуктивность отборов из селекционных образцов, 2020-2021 гг.

Название линии, варианты опыта	% растений линий в смеси		2020 год			2021 год		
	2018	2019	Масса 1000 семян	Урожай, г/м ²	К исходной форме, %	Масса 1000 семян	Урожай, г/м ²	К стандарту, %
(Победит х Ида) х Золак, исходная форма			48,9	374,1				
250+250	53,5	75,2	48,8	423,8*	113,1	36,6	384*	103,5
350+350	56,8	66,2	50,2	391,3	104,4	34,4	397*	107,0
250+250 NPK	57,1	59,5	45,8	368,7	98,4	35,7	349	94,1
(Исток х Са53102) х Камышин. 23, исх. форма			41,7	343,3				
250+250	55,9	68,5	42,6	315,7	91,9	35,9	412*	111,0
350+350	67,4	48,8	43,3	384,7*	112,0	35,1	412*	111,0
250+250 NPK	60,1	58,7	42,6	291,0	84,7	36,5	341	91,9
Дерибас х Зазерский 85, исходная форма			46,4	307,3				
250+250	70,9	62,5	48,9	347,3*	113,0	38,3	400*	107,8
350+350	62,7	59,5	46,7	254,3	83,0	38,3	362	97,6
250+250 NPK	55,9	57,9	46,1	291,0	94,7	35,6	374	100,8
(Владимир х Гетьман), исходная форма			49,0	309,3				
250+250	55,2	70,4	50,8	351,0	113,5	39,6	408*	110,0
350+350	65,0	57,0	50,3	389,1*	125,8	39,6	348	93,8
250+250 NPK	63,6	65	46,7	341,4	110,4	41,9	366	98,6
Маргрет х Маделайне, исходная форма			45,5	507,0				
250+250	73,8	66,2	45,1	451,3	89,0	34,5	338*	91,1
350+350	67,3	68,2	42,9	426,8	84,2	33,8	310	83,5
250+250 NPK	60,9	68,5	43,3	463,8	91,5	37,5	293	79,0
Эней х Двина, исходная форма			54,3	399,3				
250+250	56,0	63,5	54,3	382,0*	95,7	40,8	348	93,8
350+350	47,6	54,7	53,1	352,3	88,2	38,3	314	84,6
250+250 NPK	58,4	45,7	54,0	326,8	81,8	40,8	312	84,1
Носовский 11 х Ясный, исходная форма			46,2	430,3				
250+250	64,4	52,5	47,3	325,0	75,5	38,2	364*	98,1
350+350	63,6	42,5	45,9	393,0*	91,3	40,2	328	88,4
250+250 NPK	58,5	54,2	45,9	304,5	70,7	35,9	334	90,0
Средние								
250+250	61,4	65,5	48,2	371,1			379	
350+350	61,5	56,7	47,5	370,2			353	
250+250 NPK	59,2	58,5	46,3	341,2			338	
НСР ₀₅				47,4			32,2	

Примечание: * – достоверное превышение между вариантами

В 2021 году отборы оценивались по продуктивности в контрольном питомнике в сравнении со стандартом Приазовский 9. Наиболее урожайными, как и в 2020 году, оказались отборы из варианта посева (250+250) – в среднем по образцам 379 г/м². Далее с разницей в 26 г/м² следуют отборы из варианта (350+350), еще ниже урожайность получена из варианта с использованием удобрений. Достоверность различия вариантов подтверждена дисперсионным анализом: F_{факт.} больше F_{табл.05}; влияние нормы посева на эффективность отборов оценивается в 22,12 – 23,21%, влияние генотипа линий – 47,9-61,7% (табл. 4).

Таблица 4

Результаты статистического анализа двухфакторного опыта по годам

Источник вариации	Степень свободы	Дисперсия	F _{факт.}	F _{табл.05}	Влияние фактора, %
2020 г					
Общее	20				100,0
Фактор А (вариант посева)	2	3105,4	4,43	3,88	22,12
Фактор В (линии)	6	2242,5	3,20	2,99	47,91
Случайное	12	701,3			29,97
Точность опыта	5,75				
НСР ₀₅	47,43				
2021 г					
Общее	20				100,0
Фактор А	2	29,79,0	9,21	3,88	23,21
Фактор В	6	2637,5	8,15	2,99	61,66
Случайное	12	323,4			15,12
Точность опыта	2,91				
НСР ₀₅	32,20				

Оценка продуктивности отборов из линий показала, что эффективность выбранного фона зависит от степени засухоустойчивости анализируемого материала. Так, полунинтенсивные линии (Победит х Ида) х Золак и (Исток х Са 53102) х Камышинский 23 проявили высокую конкурентоспособность в смеси в оптимальном и загущенном посевах, превысив по продуктивности вариант с внесением удобрений на 35-48 г/м² и 71 г/м² соответственно. В целом же более результативным в условиях нестабильного и недостаточного увлажнения для отбора адаптивного к неблагоприятным условиям материала был фон оптимального посева. Урожайность отобранных в этом варианте линий превышала урожайность из 2 других вариантов на 10,5-20,8%, и это превышение практически всегда было достоверным.

Лучшими линиями-отборами в целом по всем вариантам посева и, особенно, в варианте (250+250) были (Победит х Ида) х Золак, (Исток х Са53102) х Камышинский 23, Дерибас х Зазерский 85, Владимир х Гетьман. По результатам селекционного изучения линия (Победит х Ида) х Золак в 2019 году передана на ГСИ как сорт Тамлык. Линии (Исток х Са53102) х Камышинский 23 и Дерибас х Зазерский 85 также готовились к передаче, но были выбракованы по слабой устойчивости к болезням. Линия Владимир х Гетьман по результатам испытания в ГСИ, как сорт Икорец, районирована по Воронежской области. Отборы из ранних селекционных форм Эней х Двина и Носовский 11 х Ясный оказались наименее эффективны – продуктивность линий была ниже исходной формы (81,8-95,7% и 70,7-91,3% соответственно). Причиной могли стать менее приспособленные к местным условиям родительские формы, что привело в целом к более низкой адаптивной составляющей селекционной линии. Обе родительские формы интенсивной линии Маргрет х Маделайне относятся к западному экотипу, что сужает спектр трансгрессий и возможность выделения адаптивных к засушливым условиям продуктивных форм. Последние три линии в селекционных питомниках были выбракованы по продуктивности в 2020 году. Из этого

следует, что полученные в опыте результаты подтвердились данными селекционного изучения.

Заключение

Максимальный сдвиг увеличения продуктивности, по сравнению с исходной формой, при выращивании в смеси с многорядным ячменем проявили линии Владимир х Гетьман и (Победит х Ида) х Золак. Эти линии, показавшие высокую адаптивность в естественных условиях вегетации и ставшие в дальнейшем сортами Икорец, Тамлык, получены от скрещивания эколого-отдаленных форм и с использованием местного селекционного материала.

Таким образом, проведенные исследования позволяют говорить о перспективности оценок селекционного материала по выявлению адаптивного к неблагоприятным условиям среды с использованием модифицированного метода Ф.Г. Кириченко и Н.А. Литвиненко. В засушливых условиях Каменной Степи более эффективен вариант оптимального посева (250+250). Урожайность отборов линий из этого варианта достоверно ($HC_{P_{05}}$) превышала таковую с других фонов на 10,5-20,8%.

Литература

1. Добруцкая Е.Г., Пивоваров В.Ф. Экологическая роль сорта в XXI веке // Селекция и семеноводство. – 2000. – № 1. – С. 28-30.
2. Асеева Т.А. Влияние агроклиматических ресурсов Среднего Приамурья на потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость сельскохозяйственных культур (сортов) // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 6. – С. 14-16.
3. Сапега В.А. Урожайность и экологическая устойчивость сортов зерновых культур // Аграрная наука. – 2009. – № 10. – С. 14-17.
4. Кильчевский А.В. Генетико-экологические основы селекции растений. // Вестник ВОГиС. – 2005. – Том 9. – №4. С. 518 – 526.
5. Мальчиков П.Н., Сидоренко В.С. и др. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности условий среды (годы, пункты) // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2(18). – С. 120-126.
6. Гриб С.И., Кадыров М.А. Селекция ярового ячменя на продуктивность на базе сортов западно-европейского экотипа. Биологические основы селекции растений на продуктивность. – Таллин, 1981. – С. 55-56
7. Уразалиев Р.А., Баймагамбетова К.К. Трансгрессия и принципы отбора. – Агромеридиан. – 2006. – № 1 (2). – С. 25-33.
8. Жученко А.А., Король А.Б. Рекомбинация в эволюции и селекции. – М.: Наука, – 1985. – 400 с.
9. Кириченко Ф.Г., Литвиненко Н.А. Способ получения устойчивости к неблагоприятным экологическим факторам популяции самоопыляющихся культур. // ВСГИ, а.с. 1165315, СССР. (опубл. в Б.И., 1985, № 25, МКИ А 01Н 1/04)
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. 6-е, перераб. и дополн. – М.: Агропромиздат, – 2011. – 351 с.
11. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 103-113.

References

1. Dobruczkaya E.G., Pivovarov V.F. E'kologicheskaya rol' sorta v XXI veke [Ecological role of the variety in the XXI century]. *Breeding and seed production – Selekcija i semenovodstvo*, 2000, no 1, pp. 28-30. (In Russian)
2. Aseeva T.A. Vliyanie agroklimaticheskix resursov Srednego Priamur'ya na potencial'nuyu produktivnost' i e'kologicheskuyu ustojchivost' sel'skoxozyajstvenny'x kul'tur (sortov) [The influence of agro-climatic resources of the Middle Amur region on the potential productivity and environmental sustainability of agricultural crops (varieties)]. *Achievements of science and technology of agriculture - Dostizheniya nauki i texniki APK*, 2010, no 6, pp. 14-16. (In Russian)
3. Sapega V.A. Urozhajnost' i e'kologicheskaya ustojchivost' sortov zernovy'x kul'tur [Productivity and ecological sustainability of grain varieties]. *Agrarian Science - Agrarnaya nauka*, 2009, no 10, pp. 14-17. (In Russian)
4. Kil'chevskij A.V. Genetiko-e'kologicheskie osnovy' selekcii rastenij. [Genetic and ecological bases of plant breeding. Bulletin of the All-Russian Society of Geneticists and Breeders]. *Vestnik VOGiS*, 2005, 9, no 4, pp. 518 – 526. (In Russian)
5. Mal'chikov P.N., Sidorenko V.S. et al. Ocenka v e'kologo-geograficheskom e'ksperimente adaptivnosti genotipov tvrdoj psheicy i differenciiruyushhej sposobnosti uslovij sredy' (gody', punkty') [Assessment of the adaptability of durum wheat genotypes and the differentiating ability of environmental conditions (years, points) in an ecological and geographical experiment.] *Zernobobovy'e i krupyany'e kul'tury*, 2016, no 2(18), pp. 120-126. (In Russian)
6. Grib S.I., Kadyrov M.A. Selekcija yarovogo yachmenya na produktivnost' na baze sortov zapadno-evropejskogo e'kotipa. Biologicheskie osnovy' selekcii rastenij na produktivnost. [Breeding of spring barley for productivity based on

- varieties of the Western European ecotype. Biological bases of plant breeding for productivity]` Tallin, 1981, pp. 55-56. (In Russian)
7. Urazaliev R.A., Bajmagambetova K.K. Transgressiya i principy` otbora. [Transgression and selection principles.] *Agromeridian*, 2006, no 1(2), pp. 25-33 (In Russian).
8. Zhuchenko A.A., Korol` A.B. Rekombinaciya v e`volyucii i selekcii.[Recombination in evolution and breeding]. Moscow: Nauka Publ., 1985, 400 p.
9. Kirichenko F.G., Litvinenko N.A. Sposob polucheniya ustojchivosti k neblagopriyatny`m e`kologicheskim faktoram populyacii samoopy`lyayushhixsy kul`tur. [A method for obtaining resistance to adverse environmental factors in a population of self-pollinating crops]. VSGI, a.s. 1165315, SSSR. (publ. B.I., 1985, no 25, MKI A 01H 1/04). (In Russian).
10. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyita. [Methodology of the field experiment], 1985, 351 p.
11. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Ocenka e`kologicheskoy plastichnosti i stabil`nosti sortov sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur [Assessment of ecological plasticity and stability of agricultural crop varieties]. *Sel`skoxozyajstvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 1984, no. 4, pp. 103–113. (In Russian).

АНАЛИЗ ЛИНИЙ И СОРТОВ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ ПО АДАПТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

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

М.К. ДРАЧЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-7542-5730,
E-mail: drasheva_m@mail.ru;

И.А. КУТЕПОВА, ORCID ID: 0000-0003-4514-8044

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

В статье представлены результаты изучения сортов и линий озимой тритикале в северо-восточной части ЦЧР. Данные исследования позволили выделить образцы урожайные, приспособленные к погодно-климатическим условиям региона. В среднем за годы испытания наибольшая урожайность отмечена у сортов Акинак – 56,9 ц/га, линия 3/107 – 58,8 ц/га, линия 3/86 – 57,8 ц/га. Данные расчетов показали, что линия 3/107, линия 3/86 и сорт Акинак высокостабильные по урожайности, но менее пластичные. К пластичным сортам относятся: сорт Тальва 100, линия 6/147, линия 2/3, линия 7/125, при неблагоприятных условиях эти генотипы резко снизили урожайность. Высокой стрессоустойчивостью обладали сорт Акинак, линия 3/86.

Ключевые слова: сорт, озимая тритикале, урожайность, масса 1000 зерен, элементы продуктивности.

Для цитирования: Андреев А.А., Драчева М.К., Кутепова И.А. Анализ линий и сортов озимой тритикале по адаптивным признакам. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43): 109-113. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-109-113

ANALYSIS OF LINES AND VARIETIES OF WINTER TRITICALE BY ADAPTIVE TRAITS

A.A. Andreev, M.K. Dracheva, I.A. Kutepova

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

Abstract: *The article presents the results of the study of varieties and lines of winter triticales in the northeastern part of the Central Chernozem Region. These studies made it possible to identify high-yielding samples adapted to the weather and climatic conditions of the region. On average, over the years of testing, the highest yield was noted in Akinak varieties – 56.9 c/ha, line 3/107 – 58.8 c/ha, line 3/86 – 57.8 c/ha. The calculation data showed that line 3/107, line 3/86 and variety Akinak are highly stable, but less plastic. Plastic varieties include variety Talva 100, line 6/147, line 2/3, line 7/125; under unfavorable conditions, these genotypes sharply reduced the yield. Akinak variety, line 3/86, had a high stress resistance.*

Keywords: variety, winter triticales, productivity, weight of 1000 grains, productivity elements.

Введение. Направление адаптивной селекции в настоящее время стало приоритетным во всём мире. Под адаптивной селекцией сельскохозяйственных растений подразумевается выведение сортов культурных растений, обладающих высоким адаптивным потенциалом, который определяет предел устойчивости культурных растений к неблагоприятным факторам: насекомым-вредителям, засорённости посева, болезням, засухе, засолению почвы,

холоду. Основным комплексным показателем адаптивности отбираемых генотипов в селекционном процессе является уровень их урожайности в различных агроэкологических условиях среды [1, 2]. Для быстрого и эффективного создания современных сортов с высокой продуктивностью и качеством зерна, адаптивных к местным условиям региона, необходимо проведение отбора и анализа новых линий на всех этапах селекционного процесса. Для этого используют различные методы, в том числе и математические, которые позволят оценить селекционный материал и сократить сроки создания сортов.

Цель исследований – получение экспериментальных и аналитических данных по оценке адаптивных показателей новых сортов и линий озимой тритикале по урожайности для условий северо-восточной части ЦЧР.

Материалы и методы исследований

Исследования по изучению линий и сортов озимой тритикале проводили в течение 2018-2021 гг. Опыты были заложены на поле отдела селекции зерновых культур Тамбовского НИИСХ. Объект изучения – 9 сортов и линий озимой тритикале. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, характеризовалась следующими показателями: содержание в пахотном слое (0-30 см) подвижного фосфора – 11,0, обменного калия – 14,3 мг на 100 г почвы, гумуса – 8,24%, реакция почвенного раствора (рН_{сол}) – 5,5 ммоль в 100 г почвы. Опыт закладывали в соответствии с методикой полевого опыта. Учетная площадь делянки – 20 м², повторность трехкратная, стандартный сорт Тальва (Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева). Учеты, наблюдения и оценку изучаемых сортов и линий проводили согласно Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [3] и Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ВИР [4]. Индекс условий среды (I), пластичность (b₁) и стабильность (б) определяли по математической модели S.A.Eberhart, W.A. Russell [5], устойчивость сортов к стрессу (Y₂-Y₁) – по уравнениям А.А. Rossielle, J.Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [6]. Математическую обработку результатов исследований проводили по методике Б.А. Доспехова [7].

Результаты и их обсуждение

Погодные условия оказывали определённое влияние на рост и развитие растений озимой тритикале, что позволило достаточно объективно дать оценку изучаемым сортам и линиям. Согласно индексу условий среды (i) наиболее благоприятные условия для развития растений сложились в 2018 и 2020 годах, индекс условий среды составил соответственно +15 и +9, в неблагоприятных 2019 и 2021 годах этот показатель составил -20,4 и -3,9 (табл. 2). Показатели среднесуточной температуры и осадки за эти годы представлены в таблице 1.

Осень 2017 года была благоприятна для роста и развития озимых культур. Осадков в августе – октябре выпало достаточно, среднемесячная температура в этот период была выше среднемноголетнего значения на 1,2°C, что способствовало получению дружных всходов и хорошему кущению озимых культур. Зима 2017-2018 гг. была теплой, промерзание почвы было незначительным. Перезимовка прошла в целом благоприятно. Погодные условия весенне-летнего периода сложились хорошими для развития растений тритикале. Количество выпавших осадков по месяцам составляло в апреле 274,2%, мае – 90,9%, июне 13,2% и июле 46% от средних многолетних показателей. Температура воздуха в сравнении со среднемноголетними значениями была в мае на 2,8°C, июне – 0,2°C и июле – 0,6°C выше нормы.

В 2019 году за период вегетации озимой тритикале выпало 267,3 мм осадков, или 143,0% от средних многолетних показателей, но распределение их по фазам развития растений было не равномерным. Большое отрицательное влияние на рост и развитие растений озимой тритикале в условиях 2019 года оказали выпавшие в мае осадки. Осадков выпало 188,0 мм, что в 9,6 раза больше многолетних значений. В этот период посеы озимой тритикале были ослаблены после перезимовки, а излишнее переувлажнение привело к частичной гибели и изреженности посевов к уборке. Средняя температура воздуха за период вегетации составила 16,4°C, на 2,0°C выше многолетних значений.

Таблица 1

Динамика погодных условий за период с 2018 по 2021 гг.

Месяц	Осадки, мм				Средне- много- летнее количе- ство осадков, мм	Температура, °С				Средне- много- летняя темпера- тура, °С
	2018	2019	2020	2021		2018	2019	2020	2021	
Январь	61,8	54,9	38,3	90,8	28,9	-5,5	-8,8	-2,7	-6,1	-10,0
Февраль	51,8	13,5	91,6	78,7	23,0	-9,5	-5,7	-3,4	-11,8	-10,0
Март	75,6	31,2	33,5	24,7	23,4	-7,7	-1,5	4,2	-5,6	-4,7
Апрель	81,7	8,5	61,4	46,3	29,8	7,4	7,9	5,6	8,0	6,1
Май	36,1	188,0	26,0	77,1	39,7	17,0	19,5	13,8	16,3	14,2
Июнь	7,3	0	13,8	42,6	55,5	18,4	19,1	21,9	21,0	18,2
Июль	29,2	70,3	3,3	21,6	63,6	20,7	18,9	22,8	23,1	20,1
Август	55,2	0,4	38,5	5,7	47,2	20,3	20,9	17,5	19,0	18,5
Сентябрь	38,3	72,0	16,0	9,4	48,3	13,7	16,0	13,2	15,5	12,5
Октябрь	53,7	63,6	27,7	22,1	44,4	6,3	8,6	10,6	10,4	5,1
Ноябрь	70,7	5,6	28,7	37,6	38,2	0,3	-1,1	0	0	-1,9
Декабрь	110,9	40,8	34,6	31,1	35,1	-0,7	-6,3	-2,1	-8,3	-7,6

Погодные условия для роста и развития озимых культур 2019-2020 гг. были в целом удовлетворительные. Вегетация растений осенью проходила при недостатке влаги, а температурный режим благоприятствовал нормальному и продолжительному росту растений. Среднемесячная температура в сентябре была выше многолетних данных на 0,7°С, в октябре на 5,5°С, в ноябре на 3,9°С. Перезимовка проходила в целом благоприятно, все зимние месяцы были теплее по сравнению с многолетними показателями.

Вегетационный период 2020 года в целом сложился сухим и жарким, но растения эффективно использовали влагу зимне-весеннего периода, были хорошо развиты и сформировали хороший урожай.

Погодные условия 2020-2021 гг. в целом сложились не благоприятными для роста и развития растений тритикале. В зимний период частые оттепели сменялись низкими температурами, что привело к ослаблению растений, гибели и изреженности посева. Вегетационный период 2021 года характеризовался сухими и жаркими погодными условиями, что привело к недобору урожая.

Урожайность является основным показателем адаптации сортов с различными генотипами к различным условиям выращивания. В наших исследованиях погодные условия по годам резко отличались, и соответственно реакция сортов была различной. Средняя урожайность всех изучаемых сортов (среднесортная урожайность) варьировала по годам от 34,0 ц/га в 2019 году до 69,4 ц/га в 2018 году. Многолетняя среднесортная урожайность за весь период исследований составила 54,4 ц/га. Если посмотреть по сортам, в среднем за годы испытания наибольшая урожайность отмечена у сортов Акиак – 56,9 ц/га, линия 3/107 – 58,8 ц/га, линия 3/86 – 57,8 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сортов и линий озимой тритикале и характеристика их адаптивного потенциала

Сорт, линия	Урожайность, ц/га					Пластичность	Стабильность	Стрессоустойчи вость
	2018	2019	2020	2021	Среднее по вариантам			
Тальва 100, ст.	66,9	26,9	66,2	49,2	52,3	1,36	18,80	-28,5
Линия 2/3	69,0	30,4	62,3	49,6	52,8	1,06	16,98	-25,6
Линия 3/107	75,6	39,7	67,2	52,5	58,8	0,98	15,88	-25,3
Акинак	71,4	40,0	58,3	57,9	56,9	0,75	12,89	-15,9
Линия 5/56	71,7	36,2	64,2	49,3	55,4	0,97	15,80	-25,2
Линия 6/147	73,7	34,9	64,2	49,7	55,6	1,33	16,98	-26,2
Линия 7/125	61,9	28,3	68,3	49,3	51,9	1,05	17,63	-26,3
Линия 8/118	68,2	31,4	52,7	39,1	47,9	0,95	16,18	-25,2
Линия 3/86	66,6	39,5	67,2	57,9	57,8	0,78	12,92	-16,2
Среднесортная урожа́йность, ц/га	69,4	34,0	63,4	50,5	54,4			
НСР ₀₅ ц/га	3,2	3,9	3,9	4,3				
Индекс условий среды (i)	+15,0	-20,4	+9,0	-3,9				

Рассмотрим, как изменялась урожайность по опыту в целом и по сортам в контрастные годы. 2018 год характеризовался наилучшими условиями выращивания. Индекс условий составил +15, урожайность по сортам изменялась от 61,9 до 75,6 ц/га. Согласно доверительному интервалу высокая урожайность отмечена у линии 3/107 – 75,6 ц/га, линии 6/147 – 73,7 ц/га. Низкий показатель урожайности был у линии 7/125 – 61,9 ц/га.

2019 год сложился не благоприятным для развития озимой тритикале, наблюдалась сильная засуха. Индекс условий 2019 года показал наименьший результат – 20,4, что отрицательно отразилось на получении урожайности. При таких неблагоприятных условиях выращивания наивысшая отдача по урожайности была у сорта Акинак 40,0 ц/га, линии 3/107 – 39,7 ц/га, линия 3/86 – 39,5 ц/га.

При изучении селекционного материала необходимо оценить линии по их приспособленности к условиям выращивания для этого мы определяли такие показатели как пластичность, стабильность, стрессоустойчивость. Данные расчетов показали, что линия 3/107, линия 3/86 и сорт Акинак высокостабильные, но менее пластичные (табл. 2). Создание абсолютно стабильного сорта невозможно, да и вряд ли целесообразно. Необходим агрономически оправданный баланс между продуктивностью и стабильностью. Ю.П.Алтухов считает, что сорт со средней, но стабильной урожайностью представляет большую экономическую ценность, чем специализированный сорт с потенциально высокой, но сильно колеблющейся урожайностью [8].

Если рассматривать генотипы, имеющие высокую пластичность, то в неблагоприятный год они резко снизили урожайность. По показателям с высокой пластичностью относятся сорт Тальва 100, линия 6/147, линия 2/3, линия 7/125. Эти генотипы резко снизили урожайность в неблагоприятный 2019 год.

За время исследований была изучена стрессоустойчивость генотипов. Устойчивость к стрессу отражает уровень устойчивости растений к стрессовым условиям произрастания. Чем меньше разрыв между минимальной и максимальной урожайностью, тем выше стрессоустойчивость, лучше приспособляемость к неблагоприятным погодным условиям,

шире диапазон его приспособительных возможностей. Этот показатель всегда имеет отрицательный знак. Высокой стрессоустойчивостью обладали сорт Акинак, линия 3/86. Низкую стрессоустойчивость показал сорт Тальва 100, линия 2/3, линия 6/147.

Заключение

В результате анализа полученных данных и математических расчетов дана характеристика селекционного материала и установлена необходимость дальнейшей работы с ним в условиях северо-восточной части ЦЧР. Определены пластичные, стабильные и стрессоустойчивые линии, которые дают хорошие результаты их можно использовать в селекционном процессе.

Литература

1. Алабушев А.В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2013. - № 2 (6). – С. 47-51.
2. Андреев А.А., Драчева М.К Изучение сортов ярового ячменя в коллекционном питомнике в северо- восточной части ЦЧР //Зернобобовые и крупяные культуры. - 2021. - № 3 (39). – С. 102-106.
3. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: «Колос», - 1971. – 237 с.
4. Методические рекомендации ВИР. – Л., - 1977. – 53 с.
5. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varietes //Crop Sci. № 6
6. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур //Вестник РАСХН, 2005. - № 6.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований – Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: «Колос», - 1979. – 416 с.
8. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. – М., - 1983.

References

1. Alabushev A.V. Adaptivnyi potentsial sortov zernovykh kul'tur [Adaptive potential of cereal varieties]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2013, no.2 (6), pp. 47-51. (in Russian)
2. Andreev A.A., Dracheva M.K. Izuchenie sortov yarovogo yachmenya v kollektsionnom pitomnike v severo- vostochnoi chasti TsChR [Study of spring barley varieties in a collection nursery in the northeastern part of the Central Chernozem region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, no.3(39), pp.102-106. (in Russian)
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of state variety testing of crops]. Moscow, *Kolos*, 1971, 237 p. (in Russian)
4. Metodicheskie rekomendatsii VIR [Methodical recommendations of VIR]. Leningrad, 1977, 53 p. (in Russian)
5. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* no.6
6. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and environmental sustainability of cereal varieties]. *Vestnik RASKhN*, 2005, no.6. (in Russian)
7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. The 4th ed., reprint, with additions. Moscow: «Kolos», 1979, 416 p. (In Russian)
8. Altukhov Yu.P. Geneticheskie protsessy v populyatsiyakh [Genetic processes in populations]. Moscow, 1983. (In Russian)

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

В.А. РАДОВНЯ, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID: 0000-0002-1681-0118

УО «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»

E-mail: wladrad@tut.by

В статье изложены результаты исследований по влиянию предшественника (кукуруза на зерно, картофель, гречиха, озимая рожь) и основной обработки почвы на разную глубину (вспашка – 22 см, комбинированная поверхностная – 14 см, чизелевание – 18 см) на продуктивность подсолнечника в условиях супесчаных дерново-подзолистых почв. Установлено, что при отвальной обработке почвы в фазе всходов подсолнечника наблюдается наименьшая относительная влажность почвы пахотного горизонта 47,8-61,1%, а в фазе розетки подсолнечника при данном виде обработки в горизонте почвы 0...40 см содержится наибольший запас доступной влаги (289-399 т/га). Независимо от предшественников в варианте с чизельной обработкой почвы в фазе всходов подсолнечника наблюдается максимальное накопление нитратов в пахотном горизонте почвы (3,5-4,5 мг/кг), затем их содержание резко снижается до 0,2-1,3 мг/кг. В фазе розетки максимальное содержание нитратов в пахотном и подпахотном горизонтах почвы (по 2,2 мг/кг) наблюдается при посеве подсолнечника после кукурузы на зерно и вспашки.

В среднем за 2009-2010 годы наибольшей продуктивностью подсолнечник обладал в вариантах со вспашкой и чизелеванием (гречиха – 3,20 / 3,04 т/га, картофель 2,93 / 2,46 т/га, кукуруза 2,52 / 2,54 т/га, рожь 2,72 /- т/га), проведение поверхностной обработки почвы снижало урожайность маслосемян подсолнечника на 15-36%.

Варьирование урожайности маслосемян по вариантам опыта не объяснялось различиями по относительной влажности почвы и запасами продуктивной влаги. Корреляции слабой силы между элементами структуры урожая свидетельствуют о сложном взаимодействии факторов жизни растений.

Ключевые слова: подсолнечник, предшественник, обработка почвы, влажность почвы, урожайность.

Для цитирования: Радовня В.А. Влияние предшественников и обработки почвы на продуктивность подсолнечника в условиях дерново-подзолистых почв. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43): 114-122. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-114-122

INFLUENCE OF PREDECESSORS AND TILLAGE ON SUNFLOWER PRODUCTIVITY IN SODDY-PODZOLIC SOILS

V.A. Radovnya

EE «BELARUSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY»

E-mail: wladrad@tut.by

Abstract: *The article presents the results of studies on the influence of the predecessor (corn for grain, potatoes, buckwheat, winter rye) and the main tillage at different depths (plowing - 22 cm, combined surface - 14 cm, chiselling - 18 cm) on sunflower productivity in sandy loamy conditions of soddy-podzolic soils. It has been established that during moldboard tillage in the*

phase of sunflower seedlings, the lowest relative humidity of the soil of the arable horizon of 47.8-61.1% is observed, and in the rosette phase of sunflower with this type of tillage, the soil horizon of 0 ... 40 cm contains the largest supply of available moisture (289 -399 t/ha). Regardless of the predecessors in the variant with chisel tillage in the phase of sunflower seedlings, the maximum accumulation of nitrates in the plow horizon of the soil (3.5-4.5 mg/kg) is observed, then their content sharply decreases to 0.2-1.3 mg/kg. In the rosette phase, the maximum content of nitrates in the arable and subarable soil horizons (2.2 mg/kg each) is observed when sunflower is sown after corn for grain and plowing.

On average for 2009-2010, sunflower had the highest productivity in the variants with plowing and chiselling (buckwheat - 3.20 / 3.04 t / ha, potatoes 2.93 / 2.46 t / ha, corn 2.52 / 2, 54 t/ha, rye 2.72/- t/ha), surface tillage reduced the yield of sunflower oilseeds by 15-36%.

The variation in the yield of oilseeds according to the variants of the experiment was not explained by differences in the relative moisture content of the soil and the reserves of productive moisture. Weak strength correlations between elements of crop structure indicate a complex interaction of plant life factors.

Keywords: sunflower, predecessor, tillage, soil moisture, productivity.

Республика Беларусь является северной границей возделывания масличного подсолнечника, посевные площади которого в 2022 году составили 8,4 тыс. га, а в перспективе могут достичь 30-40 тыс.га.

Главные преимущества подсолнечника в условиях республики – организационные (возможность размещения его после непаровых предшественников), а также агробиологические (эффективное использование растениями почвенного плодородия, жаростойкость, отсутствие специализированных вредителей).

В предыдущие годы влияние предшественников и видов основной обработки почвы под подсолнечник в связи с ограниченными площадями возделывания в республике практически не изучалось. Вместе с тем, это основные вопросы земледелия и должны в первую очередь решаться при разработке зональной технологии возделывания любой культуры.

Известно, что выбор предшественника и обработка почвы, как элементы технологии возделывания, отличаются большой комплексностью и затрагивают несколько аспектов:

- водный режим почвы (запасы почвенной влаги весной и динамика изменения запасов влаги в почве, особенно в критические периоды роста растений);
- активность протекания микробиологических процессов в почве (скорость разложения корневых и пожнивных остатков предшественника, аммонификация и нитрификация органического вещества, влияющие на доступность и потери азота; подавление почвенной инфекции);
- контроль развития сорной растительности, в том числе специализированного сорняка-заразиха;
- защита от ветровой и водной эрозии;
- энергосбережение (снижение числа проходов техники и глубины обработки).

Учитывая, что основные районы возделывания подсолнечника – степи России и Украины, где дефицит влаги является главным лимитирующим фактором, главное внимание уделяется водопотреблению подсолнечника, а также контролю сорняков.

В опытах В.Н. Чурзина, В.А. Гришина [1], проведенных в Волгоградской области показано, что в благоприятные по погодным условиям годы продуктивность подсолнечника в большей мере зависит от концентрации его посевов в севообороте. При размещении подсолнечника после пара, но при 50% насыщенности в севообороте, его урожайность составляла 1,90-2,60 ц/га, а при размещении после озимой пшеницы и 15% насыщенности в севообороте – 3,76-40,9 ц/га. Применение сидерального пара при этом не оказало существенного влияния на продуктивность подсолнечника. Однако урожайность маслосемян после пара была не менее, чем на 5 ц/га больше, чем при размещении его после озимой

пшеницы, но при 25% насыщенности в севообороте. Главные потери урожая, связанные с высокой насыщенностью подсолнечника в севообороте связаны с развитием зарази, распространение которой в зависимости от гибридов достигало 5-30%.

В условиях Сумской области универсальными предшественниками (пригодными как для технологий интенсивного, так и органичного земледелия) являются чистый пар и пшеница озимая. Сидеральный пар снижает продуктивность подсолнечника на 3-4 ц/га и равноценен стерновым предшественникам (озимая пшеница и ячмень). Наибольший недобор урожая маслосемян (-10 ц/га) наблюдается при размещении подсолнечника после кукурузы на силос [2].

В опытах Б.М. Князева [3] урожайность подсолнечника при размещении после благоприятного предшественника (горох) составила 31,3 ц/га. При размещении его после озимой пшеницы урожайность маслосемян снизилась на 1,1 ц/га, при размещении после кукурузы на силос на 2,6 ц/га, а при размещении после кукурузы на зерно – на 9,7 ц/га.

В опытах А.А. Громова, И.Я. Давлятова [4], проведенных в Оренбургской области, в среднем за три года лучшим предшественником оказалась кукуруза, затем – яровая пшеница и ячмень. При этом различия между вариантами не превышали 0,1-2,1 ц/га, тогда как альтернативные методы обработки почвы (плоскорезная, чизельная, нулевая) уступили традиционной вспашке на 1,0-4,7 ц/га. Основными факторами, лимитирующими продуктивность подсолнечника, явились дефицит влаги и засоренность многолетними сорняками.

По данным Т.А. Трофимовой [5] при возделывании подсолнечника по экстенсивным технологиям различия между видами основной обработки почвы минимальные: вспашка обеспечивает получение 1,54 т/га маслосемян, чизель и плоскорезу – на 0,9 ц/га меньше. Однако, приемы минимализации или полный отказ от обработки приводит к росту засоренности посевов и ухудшают фитосанитарную ситуацию.

Л.М. Попытченко и др. [6] указывает, что расход топлива при переходе от традиционной обработки почвы к поверхностной уменьшается до 50%. Однако максимальная урожайность маслосемян в Донбасском регионе обеспечивается только при применении глубокой вспашки.

В исследованиях Л.С. Титовской (Белгородский ГАУ) [7] выявлена различная сортовая реакция подсолнечника независимо от групп спелости на виды основной обработки. В среднем по гибридам глубокая безотвальная обработка почвы имела преимущества перед вспашкой и мелкой безотвальной обработкой на 1,4-5,0 ц/га. При применении внекорневых подкормок и регулятора роста Альбит урожайность маслосемян увеличивалась на 2,1-4,8 ц/га, при этом различия между видами обработки либо нивелировались, либо преимущество получала отвальная вспашка

В стационарном опыте КубГАУ (г. Краснодар) на черноземе выщелоченном изучение влияния различных систем основной обработки почвы показало, что они не оказывали существенного влияния на накопление влаги в почве за осенне-зимне-весенний период [8].

В опытах Н.Н. Нецадима [9] наибольшая продуктивность посевов подсолнечника отмечена в вариантах с проведением дискования и чизелевания, которые по мнению авторов способствуют меньшему прорастанию и росту сорных растений и создают условия благоприятные для роста культурных растений.

Заметно, что опытные данные по влиянию на урожайность подсолнечника различных видов основной обработки почвы и предшественников существенно различаются и малоприменимы для условий Беларуси.

Дерново-подзолистые супесчаные почвы, распространенные на юге республики – главного района возделывания подсолнечника, существенно отличаются от черноземов по своим агрофизическим и агрохимическим свойствам: практически бесструктурны, но хорошо аэрированы, имеют крайне низкую поглотительную и водоудерживающую способность, содержание гумуса в них не превышает 2,5%, а мощность пахотного горизонта составляет 20-22 см. В отличие от степных районов России и Украины климат Беларуси

умеренный, отличается промывным типом водного режима, хотя в некоторые периоды отмечается дефицит влаги. В условиях республики особо вредоносны листовые болезни подсолнечника, в то время как специализированный сорняк заразила отсутствует. Небольшое значение в посевах подсолнечника имеют также и вредители.

Цель исследований – изучить влияние предшественника и типа основной обработки почвы на продуктивность подсолнечника в условиях Республики Беларусь.

Материал и методы исследований

Предполагается, что в производственных условиях республики основными предшественниками подсолнечника будут озимые зерновые культуры и кукуруза (на силос и зерно). Картофель и гречиха в рядовых хозяйствах выращиваются на сравнительно небольших площадях и в эксперименте использованы в качестве вариантов сравнения для стернового или пропашного предшественников.

Основными задачами обработки почвы в условиях республики являются поддержание почвы в оптимально рыхлом состоянии и создание условий для минерализации растительных остатков. Борьбе с сорняками при этом отводится второстепенное значение, полный контроль развития малолетних сорняков обеспечивается внесением дождевых и страховых гербицидов, многолетники уничтожаются в севообороте в системе комплексной борьбы с сорняками.

На основании указанных исходных данных была разработана следующая схема двухфакторного опыта:

Фактор А – Предшественник	Фактор Б – Основная обработка почвы
Кукуруза на зерно	Поверхностная комбинированная на глубину 14 см (агрегат АКМ-4, чизельные стойки+дисковые батареи)
Картофель	Отвальная на глубину 22 см (плуг ППО-4-40)
Гречиха	Поверхностная чизельная на глубину 18 см (чизельный культиватор КФУ-4)
Озимая рожь (с уборкой соломы)	

Полевые опыты проводились на полях РНДУП «Полесский институт растениеводства» (п. Криничный, Мозырский район, Гомельской области) в 2009-2010 годах.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемая с глубины 1 м суглинистой мореной. Агрохимическая характеристика пахотного слоя следующая: pH (KCl) 5,6-5,8, содержание подвижных форм фосфора 166-187 мг/кг, обменного калия 162-183 мг/кг почвы, гумуса 1,5-1,7%.

В качестве объекта исследований использовались посеги простого гибрида подсолнечника Л-45. Учетная площадь делянок составляла 25 м² при трехкратной повторности.

Основная обработка почвы проводилась по вариантам опыта в поздне-осенний период. После уборки стерневых предшественников почва дополнительно лузилась дисковой бороной БДТ-3.

Весной обработка почвы включала ранневесеннее закрытие влаги, культивацию и предпосевную обработку комбинированным агрегатом АКШ. Посев проводился в первой декаде мая сеялкой точного высева СТВ-8 с нормой высева 80 тыс.шт/га. Минеральные удобрения вносились под весеннюю культивацию в дозе N₆₀P₆₀K₉₀, в фазу 6 листьев проводилась азотная подкормка карбамидом в дозе N₃₀ культиватором-растениепитателем. Для защиты посевов от сорняков применялись гербициды Гезагард (4 л/га) и Фюзилад (1 л/га).

Уборку урожая маслосемян проводили поделочно в фазе полной спелости сплошным методом путем прямого обмолота. Урожай приводили к 10% влажности и 100% чистоте.

Масса семян с 1 корзинки определялась путем деления урожая маслосемян на количество сохранившихся к уборке растений.

В 2009 году после засушливого апреля и начала мая осадки до начала августа выпадали довольно равномерно и превышали норму в 1,2-1,5 раза. В августе и сентябре отмечался дефицит осадков на уровне 30 мм в месяц. Май был относительно холодным, в дальнейшем температурный режим незначительно превышал норму. Следующий 2010 год на фоне достаточного количества выпадающих осадков (405 мм за вегетационный период) отличался высокой теплообеспеченностью. ГТК за вегетационный период составил 1,37, поэтому 2010 год можно охарактеризовать как достаточно влагообеспеченный и благоприятный для роста и развития подсолнечника. Сумма активных температур за вегетационный период (апрель-сентябрь) составила: в 2009 году – 2841°C, в 2010 году 3214°C.

Результаты и их обсуждение

Учеты по динамике относительной влажности почвы в посевах подсолнечника (табл. 1) показали следующие тенденции:

– в фазе всходов подсолнечника наименьшая относительная влажность почвы пахотного горизонта наблюдается при отвальной обработке почвы и в вариантах с наибольшей массой пожнивных остатков (кукуруза > гречиха > озимая рожь >картофель);

– в фазе розетки подсолнечника (наступление критической фазы водопотребления) наибольшие запасы доступной влаги наблюдается по пропашным культурам при отвальной обработке почвы.

Таблица 1

Относительная влажность почвы в период вегетативного развития подсолнечника в зависимости от предшественника и способов основной обработки (среднее за 2009-2010 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Глубина, см	Относительная влажность почвы, %			Запас продуктивной влаги в горизонте 0...40 см, т/га		
			Входы	VI лист	Розетка	Входы	VI лист	Розетка
Кукуруза	Поверхностная (АКМ)	0-20	58,3	55,0	43,9	445	416	315
		20-40	62,2	59,4	48,9			
	Вспашка	0-20	47,8	45,0	45,0	369	338	343
		20-40	56,7	52,8	53,9			
	Поверхностная (чизель)	0-20	69,4	58,9	48,9	515	463	325
		20-40	66,1	65,6	46,1			
Гречиха	Поверхностная (АКМ)	0-20	64,4	51,7	46,1	476	400	294
		20-40	62,8	59,4	42,2			
	Вспашка	0-20	55,6	51,7	46,1	437	385	283
		20-40	63,3	56,1	40,0			
	Поверхностная (чизель)	0-20	61,7	60,6	41,1	473	434	270
		20-40	65,0	57,8	42,2			
Картофель	Поверхностная (АКМ)	0-20	60,6	62,8	45,0	465	478	294
		20-40	64,4	65,0	43,3			
	Вспашка	0-20	60,0	51,7	52,8	447	341	359
		20-40	61,1	46,7	49,4			
	Поверхностная (чизель)	0-20	63,9	56,1	42,8	460	374	263
		20-40	60,0	49,4	38,9			
Озимая рожь	Вспашка	0-20	57,8	53,3	48,3	437	346	289
		20-40	61,1	46,1	38,9			

Водный и воздушный режимы почвы при разных видах основной обработки почвы, а также различия между предшественниками по наличию и качеству пожнивных и корневых остатков оказывают основное влияние на микробиологическую активность почвы. Для её характеристики мы использовали показатель содержания нитратов в почве, которые

являются заключительным этапом трансформации соединений азота в доступные для растений формы (табл. 2).

В среднем за два года по всем предшественникам в варианте с чизельной обработкой почвы наблюдалось максимальное накопление в почве нитратов в начальный период роста подсолнечника, но затем их содержание в почве резко снижалось. При отвальной обработке почвы в варианте с размещением после кукурузы по мере приближения фазы розетки подсолнечника отмечалось постепенное увеличение содержания нитратов как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах почвы. При размещении подсолнечника после картофеля в начальный период наблюдалось высокое содержание нитратов по всем видам основной обработки почвы, но в конце фазы вегетативного развития оно осталось существенным только в варианте с поверхностной обработкой почвы АКМ.

Таблица 2

Динамика содержания нитратов в почве в зависимости от предшественника и способов основной обработки почвы, мг/кг почвы (среднее за 2009-2010 годы)

Предшественник	Обработка почвы	Глубина, см	Входы	VI лист	Розетка
Кукуруза	Поверхностная (АКМ)	0-20	2,9	3,4	0,5
		20-40	1,3	0,8	0,6
	Вспашка	0-20	1,4	1,9	2,2
		20-40	1,2	1,6	2,2
	Поверхностная (чизель)	0-20	4,2	2,4	1,3
		20-40	3,9	2,7	0,8
Гречиха	Поверхностная (АКМ)	0-20	2,2	3,7	1,3
		20-40	0,9	2,0	0,4
	Вспашка	0-20	3,5	3,3	2,0
		20-40	0,8	1,6	0,6
	Поверхностная (чизель)	0-20	3,5	4,6	1,6
		20-40	1,4	1,1	1,0
Картофель	Поверхностная (АКМ)	0-20	3,9	2,7	2,0
		20-40	1,0	2,4	1,4
	Вспашка	0-20	3,1	1,9	0,5
		20-40	2,5	1,0	0,8
	Поверхностная (чизель)	0-20	4,5	4,0	0,2
		20-40	1,9	0,7	0,0
Озимая рожь	Вспашка	0-20	2,5	2,1	2,0
		20-40	0,9	0,6	0,6

Примечание: содержание нитратов в почве определялось ионметрическим методом

Различия в водно-воздушном и питательном режимах почвы, обусловленные предшественником и типом основной обработки почвы, оказали существенное влияние на рост и развитие растений подсолнечника.

В среднем за два года густота стояния растений к уборке была наименьшей при поверхностной обработке почвы агрегатом АКМ. Более глубокие виды основной обработки (вспашка и чизелевание) за счет создания лучших условий для появления всходов и развития растений подсолнечника в начальный период позволили на 10% увеличить данный показатель (табл.3).

Наиболее высокорослые растения формировались на фоне проведения вспашки, особенно по гречихе и кукурузе. По всем предшественникам прослеживается тенденция снижения высоты растений по мере уменьшения глубины основной обработки почвы.

Наибольшие по диаметру корзинки образовывались в разреженных посевах и при благоприятном азотном питании в вегетативный период роста, преимущественно по поверхностной обработке почвы с небольшими различиями по предшественникам. Однако при недостатке элементов питания в репродуктивный период корзинки могут стать невыполненными и снизиться масса 1000 семян, в связи с чем данный показатель является

малоинформативным, и характеризующим скорее условия вегетативного периода развития, чем репродуктивного.

По всем предшественникам наибольшая масса 1 корзинки наблюдалась по отвальной обработке почвы. Отмечена тенденция увеличения массы 1000 семян по мере увеличения глубины основной обработки (вспашка > чизель > АКМ).

Расчеты показали, что показатель массы семян из 1 корзинки слабо коррелировал с густотой стояния растений ($r=0,25$) и их высотой ($r=0,33$). Масса 1000 семян в средней степени ($r=0,60$) коррелировала с густотой стояния растений, причем связь была прямая – в вариантах с минимальной густотой стояния растений формировались мелкие семена.

Таблица 3

Развитие растений подсолнечника к уборке в зависимости от предшественников и способов основной обработки почвы (среднее за 2009-2010 годы)

Предшественник	Обработка почвы	Густота к уборке, шт/м ²	Высота растений к уборке, м	Диаметр корзинки, см	Масса семян из 1 корзинки, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность маслосемян, т/га
Кукуруза	Поверхностная (АКМ)	4,6	1,03	23,5	42,1	65,4	1,94
	Вспашка	5,0	1,12	21,6	50,8	68,4	2,52
	Поверхностная (чизель)	5,2	1,11	23,3	48,7	65,9	2,54
Гречиха	Поверхностная (АКМ)	4,4	1,03	23,2	54,5	64,9	2,41
	Вспашка	5,1	1,15	23,2	62,8	66,5	3,20
	Поверхностная (чизель)	5,1	1,05	22,0	59,6	68,5	3,04
Картофель	Поверхностная (АКМ)	4,5	0,99	21,0	47,6	66,3	2,13
	Вспашка	5,2	1,03	23,0	56,4	66,2	2,93
	Поверхностная (чизель)	4,9	0,93	25,0	50,4	66,8	2,46
Озимая рожь	Вспашка	4,5	1,04	22,0	60,4	63,0	2,72

НСР₀₅ обработка почвы
предшественник

0,39
0,48

Наибольшей продуктивностью маслосемян отличались варианты с отвальной обработкой и размещением подсолнечника после гречихи и картофеля. При размещении подсолнечника после кукурузы и поверхностной обработке почвы урожайность маслосемян была минимальной – 1,94 т/га.

Варьирование урожайности маслосемян по вариантам опыта не объяснялось различиями по относительной влажности почвы и запасами продуктивной влаги ни в период всходов, ни в период розетки ($r= -0,05 \dots -0,09$). Корреляция слабой силы установлена между этими показателями лишь в фазе VI листьев – начале активного вегетативного роста ($r= -0,31 \dots -0,35$). Отрицательное направление зависимости показывает, что в данный период повышенная влажность почвы, способствующая вегетативному росту подсолнечника, способна отрицательно повлиять в дальнейшем на его семенную продуктивность.

Заключение

Таким образом, в результате двухлетних исследований установлено, что наибольшая урожайность маслосемян подсолнечника в условиях супесчаных дерново-подзолистых почв Беларуси достигается при размещении его после картофеля и при проведении вспашки (2,93 т/га), а также при размещении его после гречихи и при проведении вспашки либо чизельной обработки почвы на глубину 18 см (3,04-3,20 т/га).

При размещении подсолнечника после злаковых предшественников (кукуруза и зерновые культуры), имеющих большую массу трудноразлагаемых пожнивных остатков, урожайность маслосемян подсолнечника существенно снижается. Минимальная урожайность (1,94 т/га) наблюдается при размещении подсолнечника после кукурузы и мелкой основной обработке почвы на глубину 14 см. Чизелевание и вспашка способствуют увеличению урожайности маслосемян до уровня 2,52-2,54 т/га. Проведение отвальной обработки почвы после озимой ржи обеспечивает получение урожайности маслосемян 2,72 т/га.

Проведение глубоких обработок почвы (чизелевание и, особенно, вспашка), оказывают благоприятное влияние на полевую всхожесть и сохранение оптимальной густоты стояния растений к уборке, а также формирование и налив маслосемян.

Урожайность маслосемян подсолнечника в условиях республики мало зависит от запасов продуктивной влаги в весенний период и в конце фазы вегетативного развития. Высокая влагообеспеченность в данный период может привести к активному вегетативному росту в ущерб образованию маслосемян. Корреляции слабой силы между элементами структуры урожая говорят о сложном взаимодействии освещенности растений, режима питания и других факторах, влияющих на вегетативное и репродуктивное развитие растений подсолнечника и формирование урожая маслосемян.

По организационным причинам в производстве подсолнечник будет преимущественно размещаться после злаковых предшественников – кукурузы и зерновых культур. Однако, при рассмотрении вопроса целесообразности и ожидаемой эффективности возделывания гречихи в севообороте, необходимо учитывать существенную прибавку урожая маслосемян, получаемую при размещении подсолнечника после этой культуры.

Проблема получения минимальных урожаев подсолнечника при размещении его после кукурузы на зерно требует дальнейшего изучения. Высокое количество нитратов в почве под кукурузой свидетельствует об обеспеченности посевов азотом и недостаточным его усвоением культурными растениями, что свидетельствует о наличии каких-то стрессовых воздействий, которые уменьшаются по мере увеличения глубины обработки почвы.

Литература

1. Чурзин В.Н., Гришин В.А. Сравнительная оценка продуктивности гибридов подсолнечника в зависимости от предшественников и сроков возврата в севооборот // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 1 (9). – С. 36-40. – EDN MQPXQH.
2. Мельник А.В., Говорун С.А. Оценка предшественников на различных фонах питания при выращивании подсолнечника в условиях Левобережной лесостепи Украины // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 46-48. – EDN SYJIUF.
3. Князев Б.М., Князева Д.Б. Продуктивность гибридов подсолнечника в зависимости от предшественника в условиях недостаточного увлажнения почвы Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2021. – № 4(34). – С. 15-20. – EDN KCEYVI.
4. Громов А.А., Давлятов И.Я. Влияние основной обработки почвы и предшественников на урожайность подсолнечника // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 2(10). – С. 106-107. – EDN MTAEZJ.
5. Трофимова Т.А., Коржов С.А. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы // Лесотехнический журнал. 2014. №1 (13).
6. Попытченко Л.М., Решетняк Н.В., Тимошин Н.Н. Влияние технологии выращивания сортов и гибридов подсолнечника на урожайность // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2018. – № 2. – С. 86-97. – EDN SOWNDP.
7. Титовская Л.С., Титовская А.И., Котлярова Е.Г. Влияние способов основной обработки почвы и комплексных минеральных удобрений на показатели продуктивности гибридов подсолнечника // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 8. – С. 91-95. – EDN UZEPHI.
8. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края / Под общ. ред. И.Т. Трубилина. – Краснодар, – 2002. – С. 44–45.
9. Нецадим Н.Н., Малтабар М.А., Старушка А.В. Применение гербицидов при выращивании подсолнечника в Центральной зоне Краснодарского края // Научные исследования XXI века. – 2020. – № 1 (3). – С. 96-104. – EDN WZUXPR.

References

1. Churzin V.N., Grishin V.A. Sravnitel'naya otsenka produktivnosti gibridov podsolnechnika v zavisimosti ot predshestvennikov i srokov vozvrata v sevooborot [Comparative evaluation of the productivity of sunflower hybrids depending on forecrops and terms of return to crop rotation]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa - Bulletin of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex, 2008, no 1(9), pp. 36-40. (In Russian)
2. Mel'nik A.V., Govorun S.A. Otsenka predshestvennikov na razlichnykh fonakh pitaniya pri vyrashchivani podsolnechnika v usloviyakh Levoberezhnoi lesostepi Ukrainy [Evaluation of forecrops by various backgrounds of nutrition by sunflower growing in the conditions of the Left-bank forest-steppe of Ukraine]. Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii - Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2014, no 4, pp. 46-48. (In Russian)
3. Knyazev B. M., Knyazeva D.B. Produktivnost' gibridov podsolnechnika v zavisimosti ot predshestvennika v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya pochvy Kabardino-Balkarii [Productivity of sunflower hybrids depending on the forecrops under conditions of insufficient soil moisture in Kabardino-Balkaria]. Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University, 2021, no 4(34), pp. 15-20. (In Russian).
4. Gromov A.A., Davlyatov Y.A. Vliyanie osnovnoi obrabotki pochvy i predshestvennikov na urozhainost' podsolnechnika [Influence of the main tillage and forecrops on the yield of sunflower]. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Proceedings of the Orenburg State Agrarian University, 2006, no 2(10), pp. 106-107. (In Russian)
5. Trofimova T.A., Korzhov S.I. Resursosberegayushchie tekhnologii obrabotki pochvy [Resource-saving technologies of tillage]. Lesotekhnicheskii zhurnal - Forestry journal, 2014, no1 (13). (In Russian)
6. Popytchenko L.M., Reshetnyak N.V., Timoshin N.N. Vliyanie tekhnologii vyrashchivaniya sortov i gibridov podsolnechnika na urozhainost' [Influence of cultivation technology of sunflower varieties and hybrids on productivity]. Nauchnyi vestnik gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya Luganskoi Narodnoi Respubliki "Luganskii natsional'nyi agrarnyi universitet" - Scientific Bulletin of the State Educational Institution of the Lugansk People's Republic "Lugansk National Agrarian University", 2018, no 2, pp. 86-97. (In Russian)
7. Titovskaya L.S., Titovskaya A.I., Kotlyarova E.G. Vliyanie sposobov osnovnoi obrabotki pochvy i kompleksnykh mineral'nykh udobrenii na pokazateli produktivnosti gibridov podsolnechnika [Influence of methods of main tillage and complex mineral fertilizers on the productivity of sunflower hybrids]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya – Successes of modern natural science, 2018, no 8, pp. 91-95. (In Russian)
8. Agroekologicheskii monitoring v zemledelii Krasnodarskogo kraya [Agroecological monitoring in agriculture of the Krasnodar Territory]. Ed. I.T. Trubilin. Krasnodar, 2002, pp. 44–45. (In Russian)
9. Neshchadim N.N., Maltabar M.A., Starushka A.V. Primenenie gerbitsidov pri vyrashchivani podsolnechnika v Tsentral'noi zone Krasnodarskogo kraya [The use of herbicides by sunflower growing in the Central zone of the Krasnodar Territory]. Nauchnye issledovaniya XXI veka – Scientific research of the XXI century, 2020, no 1(3), pp. 96-104. (In Russian)

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

**НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ФНЦ ЗБК НА МЕЖДУНАРОДНОЙ
АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ВЫСТАВКЕ – ЯРМАРКЕ «АГРОРУСЬ»**

Н.Г. ХМЫЗОВА, ORCID ID 0000-0001-7125-6976

Н.В. ГРЯДУНОВА, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

В г. Санкт-Петербург с 31 августа по 3 сентября прошла 31 Международная агропромышленная выставка-ярмарка «Агрорусь», крупнейшая выставочная площадка России для демонстрации достижений, продуктов и технологий отечественных и фермерских кооперативов, товаров и услуг, которая входит в число приоритетных проектов Министерства сельского хозяйства России. Тематический фокус выставки-ярмарки «Агрорусь 2022» акцентирован на агропищевую индустрию, где ключевыми аспектами были вопросы продовольственной безопасности России, активного развития агропромышленной отрасли в условиях импортозамещения, собственного производства и переработки продуктов, улучшения агрологистики и повышение доступности продукции.

С экспозицией новых селекционных достижений в Выставке-ярмарке принял активное участие Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (фото на обложке).

ФНЦ зернобобовых и крупяных культур является ведущей организацией-координатором научных исследований в области изучения и использования генетических ресурсов, селекции, семеноводства и разработки технологий возделывания зернобобовых и крупяных культур в России и странах СНГ. Международное сотрудничество с научными учреждениями проводится в рамках договоров и соглашений по совместному проведению исследований, обмену научной информацией и селекционными материалами, участия в международных симпозиумах, съездах, конференциях.

**SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF THE FSC OF LEGUMES AND GROAT CROPS AT
THE INTERNATIONAL AGRO-INDUSTRIAL EXHIBITION – FAIR «AGRORUS»**

N.G. Khmyzova, N.V. Gryadunova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *From August 31 to September 3, St. Petersburg hosted the 31st International Agro-Industrial Exhibition-Fair «Agrorus», the largest exhibition platform in Russia to demonstrate the achievements, products and technologies of domestic and farmer cooperatives, goods and services, which is one of the priority projects of the Ministry of Agriculture in Russia. The thematic focus of the exhibition-fair «Agrorus 2022» is focused on the agro-food industry, where the key aspects were the solution of food security issues in Russia, the active development of the agro-industrial industry in the context of import substitution and domestic production and processing of products, improving agro logistics and increasing the availability of products.*

The Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops took an active part in the exhibition-fair with the exposition of new breeding achievements (photo on the cover).

FSC of Legumes and Groat Crops is the leading coordinating organization in the field of study and use of genetic resources, breeding, seed production and development of technologies for growing of legumes and groat crops in the Russian Federation and CIS countries. International

cooperation with scientific institutions is carried out within the framework of contracts and agreements on joint research, exchange of scientific information and breeding materials, participation in international symposiums, congresses, and conferences.

Открытие выставки началось с проведения Межрегионального форума сельской молодежи, организатором которого выступил Российский союз молодежи, основной темой обсуждения были возможности для сельской молодежи в развитии фермерства в условиях цифровизации. В рамках проводимых конференций «Развитие сельского хозяйства и агропромышленности БРИКС+», «Экология сельскохозяйственного предприятия и работа с отходами» в различных секциях огромный интерес вызывали представленные доклады участников по тематике современных подходов, а также возможным резервам повышения урожайности и эффективности сельскохозяйственного производства, современным технологиям и техническим средствам производства органической продукции. Особое внимание в выступлениях было уделено вопросам здорового питания, качества продовольствия и рационального питания – как залога здоровья нации.

Каждый день на выставке-ярмарке были организованы круглые столы, форумы, семинары и панельные дискуссии, которые позволили рассмотреть разного ракурса вопросы сельскохозяйственной направленности. Практические предложения от готовых проектов цифровой трансформации АПК до решения острых проблем необходимости улучшения плодородия почв, с использованием местных ресурсов, обсуждение задач органов власти по нормативному законодательному обеспечению развития сельских территорий, социальные проблемы сельских территорий и их решение на основе современных технологий. Большое значение уделялось роли кадровой политике агропромышленного комплекса.

Особенно приятно отметить, что кроме насыщенной программы деловых и конгрессных мероприятий, участники и посетители выставки-ярмарки могли увидеть коллективные экспозиции более чем из 25 регионов нашей страны. Возможность продегустировать лучшие новинки и качественные продукты молочного, мясного, рыбного производства экспозиций Ленинградской, Новосибирской и Амурской областей, Санкт-Петербурга, Ставропольского, Краснодарского краёв, Ханты-Мансийский АО – Югра. С особым гастрономическим разнообразием представила свою продукцию Витебская область республики Беларусь. Яркие впечатления произвели ведущие фермеры России, более 250 хозяйств из разных регионов, которые представили широкий ассортимент своей продукции, пчеловоды со всех регионов страны привезли на ярмарку огромное количество сортов меда и продуктов пчеловодства.

На выставочной экспозиции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур были представлены: новые селекционные достижения – сорта гороха, фасоли, чечевицы, кормовых бобов, яровой вики, сои, чины, нута, гречихи, проса, озимой и яровой пшениц, овса, ячменя и других культур; многочисленные печатные издания по технологиям возделывания зернобобовых и крупяных культур; монографии, книги.

Традиционным для выставки стал конкурс «Золотая медаль Агрорусь», по различным номинациям. Приятно отметить, что результаты многолетней работы коллектива центра зернобобовых и крупяных культур в конкурсной программе отмечен золотой медалью в номинации «За достижения в области инноваций в производстве продукции растениеводства». Такая высокая оценка позволит повысить потребительский интерес к сортам селекции Федерального научного центра. На фоне санкционных ограничений создание новых сортов позволяет решать вопросы обеспеченности отечественного АПК собственными семенами. Ученые центра проводят широкий спектр исследований, позволяющий создавать сорта, адаптированные к возделыванию в разных регионах, с учетом особенностей и разнообразия почв и климата. Получение высокого урожая напрямую зависит от качества семенного материала, именно развитие растениеводческих направлений даст возможность успешно решить вопросы импортозамещения, использовать семена российской селекции и добиваться хороших показателей урожайности.