

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 3 (39), 2021 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

Гурин Александр Григорьевич, д. с.-х. наук

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

Зеленов Анатолий Николаевич, д. с.-х. наук

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

Кобызева Любовь Никифоровна, д. с.-х. наук, Украина

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

Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай

Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук

Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН

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

Научный редактор, корректор

Грядунова Н.В.

Технический редактор

Хмызова Н.Г.

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

Фотоматериал **Черненький В.А.**

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

**Свидетельство о регистрации
ПИ №ФС77-77939,
от 19 февраля 2020 г.**

**Журнал включен в Перечень
рецензируемых научных журналов
и изданий ВАК РФ, в которых
должны быть опубликованы
основные 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) 40-33-15, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbk@mail.ru
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 21.09.2021 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 (39), 2021

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 selection 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.).

Gurin, Aleksandr G. – N.V. Parakhin GAU, Orel; Head Department of Agroecology and Environmental Protection, Dr. Sci. (Agric.).

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

Zelenov, Anatolii N. – FSBSI FSC LGC, Dr. Sci. (Agric.).

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

Kobyzeva, Lyubov N. – V.Ya. Yuryev IR UAAN, Deputy Director, Dr. 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.).

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 №ФЦ77-77939,
dated 19.02 2020

Journal is included in the List of peer-reviewed scientific journals and publications of Higher Attestation Commission of the Russian Federation, in which the main 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) 40-33-15, 40-30-04
E-mail: **office@vniizbk.ru**,
jurnalzbn@mail.ru
Site: **<https://vniizbk.ru>**

Date of publication: 21.09.2021
Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. (Информационное сообщение) Векторы развития селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур как основа продовольственного суверенитета страны	5
Полухин А.А. Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур: 65 лет на службе аграрной науке.....	12
Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы её структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны.....	17
Чайкин В.В., Тороп А.А., Тороп Е.А. Изменение архитектоники растения как направление в селекции озимой ржи.....	23
Кабашов А.Д., Маркова А.С., Кузьмич М.А., Власенко Н.М., Михалин С.Е., Кузьмич Л.С., Разумовская Л.Г., Филоненко З.В., Лейбович Я.Г., Кондратьева О.П. Перспективы использования сортов и линий голозерного овса для производства крупы.....	34
Головина Е.В. Фотосинтетическая деятельность сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР.....	41
Синюшин А.А. Статистические ошибки и как их избегают, или о корректном анализе количественных данных в селекции.....	50
Вилунов С.Д. Выявление перехода гомогенных компонентов мультилинейного сорта проса Квартет в гетерогенное состояние с повышением комплексной устойчивости к головне	62
Глазова З.И. Оценка действия специальных удобрений АО «Щёлково Агрохим» при разных способах их применения на урожайность гречихи.....	74
Ерохин А.И. Эффективность применения микроудобрений на семенах и растениях зерновых культур.....	80
Пискарева Л.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна гороха сорта Фокор.....	85
Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Старикова Ж.А., Костромичёва В.А. Определение продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов.....	91
Костикова Н.О., Миуц О.А. Оценка различных сортов фасоли обыкновенной по химическому составу и энергетической ценности зерна.....	97
Андреев А.А., Драчева М.К. Изучение сортов ярового ячменя в коллекционном питомнике в северо-восточной части ЦЧР.....	102
Конончук В.В., Никиточкин Д.Н., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О. Влияние элементов технологии возделывания люпинозлаковых смесей на азотфиксирующую способность и продуктивность в зависимости от метеорологических условий в Центральном Нечерноземье.....	107
Агеева П.А., Почутина Н.А. Белорозовый 144 – новый сорт кормового узколистного люпина	119
Иванова О.М. Реакция кукурузы на уровень минерального питания в условиях ЦЧР	125
Биографический очерк памяти И.Ф. Орловой	132

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No.3 (39), 2021

Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. (Informational message) Development vectors of breeding and seed production of cereals, legumes and groat crops as the basis of the country's food sovereignty	5
Polukhin A.A. Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops: 65 years in the service of agricultural science	12
Sanduchadze B.I., Mamedov R.Z., Krakhmalyova M.S., Bugrova V.V. Yield of winter bread wheat varieties, elements of its structure and adaptive properties in the conditions of the Nechernozem zone	17
Chaikin V.V., Torop A.A., Torop E.A. Change of plant architectonics as a direction in breeding of winter rye	23
Kabashov A.D., Markova A.S., Kuz'mich M.A., Vlasenko N.M., Mikhalin S.E., Kuz'mich L.S., Razumovskaya L.G., Filonenko Z.V., Leibovich Ya.G., Kondrat'eva O.P. Prospects for the use of varieties and lines of naked oats for the production of groats	34
Golovina E.V. Photosynthetic activity of northern ecotype soybean varieties cultivated under the conditions of the Central Black Earth Region	41
Sinjushin A.A. Statistical errors and how to avoid them, or notes on correct analysis of quantitative data in breeding	50
Vilyunov S.D. Revealing the transition of homogeneous components of the multilinear millet cultivar Quartet into a heterogeneous state with an increase in the complex resistance to smut	62
Glazova Z.I. Assessment of the effect of special fertilizers of AO «Shchelkovo Agrokhim» with different methods of their application on the yield of buckwheat	74
Erokhin A.I. The effectiveness of the use of micronutrient fertilizers on seeds and plants of grain crops	80
Piskareva L.A. The effect of mineral fertilizers on productivity and the quality of the grain of the Focor pea variety	85
Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Kostromicheva V.A. Determination of the productivity of spring soft wheat based on breeding indices	91
Kostikova N.O., Miyuts O.A. Evaluation of various varieties of common beans (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) by chemical composition and energy value of grain	97
Andreev A.A., Dracheva M.K. Study of varieties of spring barley in a collection nursery in the northeastern part of the Central Chernozem Region	102
Kononchuk V.V., Nikitochkin D.N., Timoshenko C.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O. Influence of the elements of the cultivation technology of lupine crop mixtures on the nitrogen-fixing capacity and productivity depending on the meteorological conditions in the central non-black earth zone	107
Ageeva P.A., Potchutina N.A. Belorozovy 144 is a new feed narrow-leafed lupin variety	119
Ivanova O.M. Reaction of corn for grain to the level of mineral nutrition under Central Black Earth Region conditions	125
Biographical sketch of the memory of I.F. Orlova	132

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ
О НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА ЗЕРНОВЫХ,
ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР КАК ОСНОВА
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СУВЕРЕНИТЕТА СТРАНЫ**

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

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В статье представлена информация по проведённому Аграрному форуму «Аграрная неделя Орловской области – 2021, который включал ряд мероприятий: международную научную конференцию; научно-методический семинар День поля; полевую конференцию.

Повышение эффективности работы агропромышленного комплекса и обеспечение продовольственной безопасности являются одним из основных стратегических направлений аграрной политики России. Важную роль в решении этого вопроса имеют научные достижения в области селекции, семеноводства и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Вопросам конкурентоспособности новых сортов, сохранения генофонда растительных ресурсов, изучения и освоения в производстве экологически чистых технологических приёмов и была посвящена Аграрная неделя Орловской области – 2021, которая проходила с 23 по 25 июня на базе ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, Шатиловской СХОС и других организаций.

Ключевые слова: аграрный форум, селекционные достижения, сорт, конкурентоспособность, сортоиспытание, сельскохозяйственные культуры

**DEVELOPMENT VECTORS OF BREEDING AND SEED PRODUCTION OF CEREALS,
LEGUMES AND GROAT CROPS AS THE BASIS OF THE COUNTRY'S FOOD
SOVEREIGNTY**

N.V. Gryadunova, N.G. Khmyzova
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The article provides information on the held Agrarian Forum «Agrarian Week of the Oryol Region – 2021», which included a number of events: an international scientific conference; scientific and methodological seminar Field Day; field conference.*

Improving the efficiency of the agro-industrial complex and ensuring food security are one of the main strategic directions of the agrarian policy of Russia. An important role in resolving this issue is played by the promotion of scientific achievements in the field of breeding, seed production and technology of cultivation of agricultural crops. The issues of the competitiveness of new varieties, the preservation of the gene pool of plant resources, the study and development of environmentally friendly technological methods in the production were devoted to the Agrarian Week of the Oryol Region - 2021, which was held from 23 to 25 June on the basis of FSC of Legumes and Groat Crops, Shatilovskaya agricultural and industrial enterprise and other organizations.

Keywords: agrarian forum, breeding achievements, variety, competitiveness, variety testing, agricultural crops.

Министерство науки и высшего образования РФ, Российская академия наук, Администрация Орловской области, ФНЦ ЗБК в рамках аграрного форума «Аграрная неделя Орловской области -2021» с 23 по 25 июня провели ряд мероприятий:

– в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур международная научная конференция «Векторы развития селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур как основа продовольственного суверенитета страны», посвящённая 65-летию ФНЦ ЗБК;

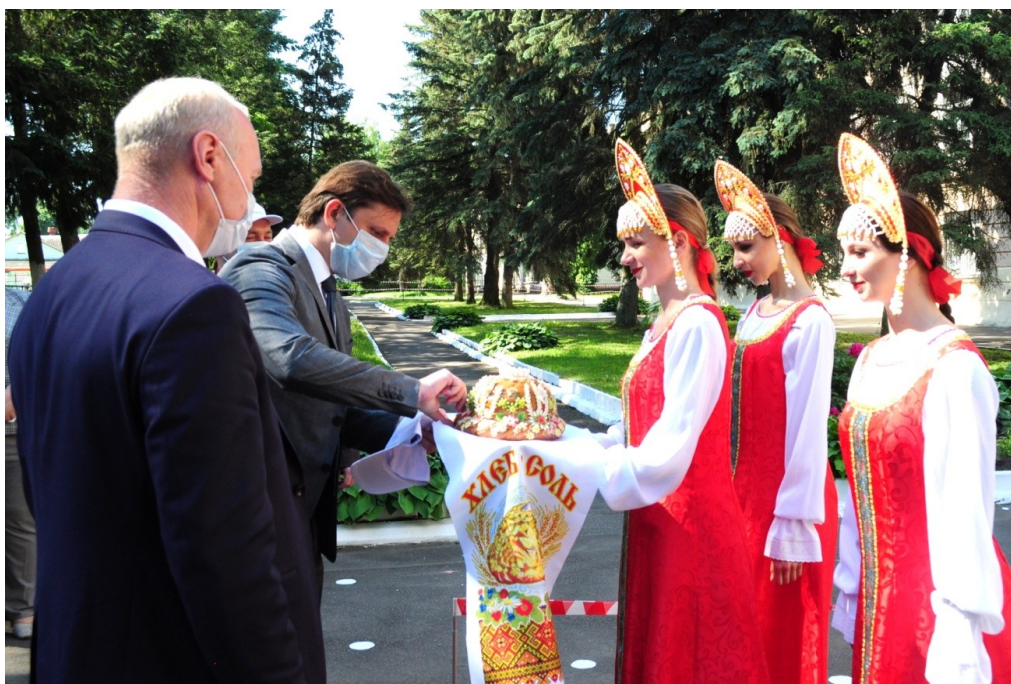
– АО «Щёлково Агрохим» - научный семинар «Интеграция аграрной науки и производства как фактор обеспечения продовольственной безопасности» с посещением экспериментальных полей в ОПХ «Орловское», ООО «Дубовицкое»;

– полевая конференция ООО «ФосАгро», осмотр производственных посевов в Покровском районе;

– на Шатиловской СХОС научно-методический семинар День поля, ярмарка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, посвящённая 125-летию со дня основания станции;

В аграрном форуме приняли участие свыше 1500 человек: специалисты Минобрнауки РФ, МСХ РФ, Российской академии наук, руководители научных организаций и ВУЗов российских регионов, академики и член-корреспонденты РАН, ведущие селекционеры и технологи, представители агрохолдингов, фермерских хозяйств и научно-производственных фирм, инвестиционных компаний, средств массовой информации. В составе участников директора или представители различных организаций и научных учреждений: ФАНЦ имени В.В. Докучаева; ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.В. Вильямса; ФИЦ «Немчиновка»; ФНЦ ВНИИЭСХ; РГАУ-МСХ имени К.А.Тимирязева; ВНИИСПК; Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина; ОГУ имени И.С. Тургенева; Тюменского ГАУ; Новосибирская ЗАГЛОС – филиал ФНЦ агроэкологии РАН и другие.

В числе почётных гостей проводимых мероприятий - Губернатор Орловской области Андрей Клычков, заместитель губернатора Курской области Сергей Стародубцев, председатель областного совета Леонид Музалевский, заместитель председателя правительства Орловской области по развитию АПК Сергей Борзёнков, депутат Государственной Думы РФ Ольга Пилипенко, начальник отдела координации деятельности учреждений в сфере растениеводства Департамента координации деятельности учреждений в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ Алла Овсянкина, заместитель министра сельского хозяйства Чеченской Республики Бадруди



Бисултанов, заместитель академика-секретаря Отделения сельскохозяйственных наук РАН академик РАН Владимир Косолапов, зам. руководителя администрации Губернатора Белгородской области, начальник управления науки Екатерина Журавлёва и другие.

Торжественное открытие Международной конференции состоялось в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. В приветственном слове Губернатор Андрей Евгеньевич Клычков тепло поздравил коллектив работников центра, всех участников с юбилейными торжествами и пожелал плодотворной работы в реализации намеченных планов. В своём выступлении он подчеркнул, что агропромышленный комплекс является одной из наиболее развитых отраслей экономики области и по праву остаётся ключевой точкой её роста. Успехи регионального АПК обеспечены многими факторами, но особое место среди них занимают достижения учёных-агровладельцев ФНЦ ЗБК, ВНИИСПК, Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина, ОГУ имени И.С. Тургенева, Шатиловской СХОС, Новосильской ЗАГЛОС – филиала ФНЦ агроэкологии РАН, которая в этом году отметила 100 летие со дня основания. «Селекционные достижения ФНЦ зернобобовых и крупяных культур - а это новые сорта гороха, гречихи, сои, озимой и яровой пшеницы и других культур, обладая экологической пластичностью и высокой урожайностью широко осваиваются в производстве различных регионов России, а также в Белоруссии, Украине, Молдове, Казахстане» отметил глава региона.

С поздравлениями выступили от Минобрнауки А. Овсянкина, депутат Государственной Думы О.В. Пилипенко, зам. председателя правительства Орловской области по АПК С.П. Борзёнов.

Перед началом пленарного заседания сотрудникам ФНЦ ЗБК были вручены Почётные грамоты и Благодарственные письма Российской академии наук.

На пленарном заседании конференции с научным докладом об основных векторах развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур как основы продовольственной безопасности страны выступил А.А. Полухин, доктор экономических наук, профессор РАН, и. о. директора ФНЦ ЗБК.



Научное сопровождение кормопроизводства в России – тема выступления В.М. Косолапова, академика РАН, директора ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса.

Своё выступление член-корр. РАН, главный научный сотрудник ФИЦ «Немчиновка» А.М. Медведев посвятил перспективным направлениям в создании сортов озимой тритикале с повышенной средоулучшающей функцией растений.

В.В. Чайкин, доктор с.-х. наук, и. о. директора Воронежского ФАНЦ имени В.В. Докучаева в докладе обозначил основные векторы изменения архитектоники озимой ржи в процессе селекции. По вопросам оптимизации издержек производства в селекции и

семеноводстве пропашных культур выступил доктор экономических наук, заместитель директора ФНЦ ВНИИЭСХ Г.А. Полунин.

В формате on-line конференции с докладом на тему «Процессы трансформации чернозёмов и пути повышения их плодородия на юго-востоке ЦНЗ» выступил академик РАН В.И. Турусов (ФАНЦ имени В.В. Докучаева). С содержательными научными сообщениями выступили: доктор сельскохозяйственных наук А.Ф. Мельник - Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, доктор биологических наук И.В. Грехова из Тюменского ГАУ, Н.В.Медведева - научный сотрудник Центра зернобобовых культур и производства растительного белка РГАУ-МСХ имени К.А. Тимирязева.

В рамках пленарного заседания было подписано Соглашение о сотрудничестве в научной сфере между Правительством Орловской области и ФГБНУ «Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН». Соглашение подписали Губернатор области Андрей Клычков и директор Института Дмитрий Новиков. Соглашение предусматривает применение новых научно-технических подходов и конкурентоспособных методик, направленных на развитие крестьянских хозяйств, личных подсобных хозяйств, сельскохозяйственных потребительских кооперативов на территории Орловской области. Это позволит укрепить аграрный потенциал, создать новые возможности для социального развития села, роста уровня и качества жизни тружеников АПК региона.

С 65 –и летием коллектив Центра тепло поздравили коллеги из Национального центра зерна имени П.П.Лукияненко, ФИЦ «Немчиновка», ФАНЦ имени В.В. Докучаева, ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.В. Вильямса, ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина, ОГУ имени И.С. Тургенева, ВНИИСПК, Гродненского института растениеводства НАН Беларуси, РГАУ- МСХ имени К.А. Тимирязева и многих других организаций.

Во второй половине дня участники конференции посетили полевые научные опыты и демонстрационные посевы, ознакомились с перспективными научными направлениями и достижениями по селекции гороха, фасоли, вики посевной, сои, кормовых бобов, чечевицы, нута, чины гречихи, зерновых культур, проса в ФНЦ ЗБК. Осмотр сопровождался комментариями ведущих учёных Центра, которые отмечали преимущества и достоинства созданных сортов: это доктор экономических наук, профессор РАН А.А. Полухин; член-корр. РАН В.И. Зотиков; кандидаты сельскохозяйственных наук: А.А. Зеленов, Г.Н. Суворова, С.В. Бобков, В.С. Сидоренко, А.М. Задорин, М.П. Мирошникова, И.Л. Тычинская, З.Р. Цуканова и другие.

24 июня участников «Аграрной недели -2021» встречали в научно-производственных предприятиях ОПХ «Орловское» и ООО «Дубовицкое» АО «Щёлково Агрохим». Глава компании академик РАН С.Д. Каракотов и руководитель селекционно-семеноводческого направления член-корреспондент РАН А.И. Прянишников ознакомили с новыми сортами и лучшими образцами московской, краснодарской селекции, селекции «Щёлково Агрохим», технологиями по борьбе с болезнями и системой минерального питания растений.

Во второй половине дня участники продолжили работу в Покровском районе и ознакомились с полевыми опытами ООО «ФосАгро- Орёл» - одного из основных поставщиков минеральных удобрений предприятиям Черноземья и Орловской области. Основанная более 20 лет назад Компания управляет двумя центрами дистрибуции: в Урицком и Ливенском районах области, предлагает аграриям наиболее широкий спектр современных минеральных удобрений, включая жидкие минеральные удобрения.

Кульминацией Аграрной недели стал День поля на Шатиловской СХОС, посвящённый 125 – летию со дня её образования. Здесь были представлены более 70 образцов отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники, новинки средств защиты растений и минеральные удобрения различных Компаний. В «Палаточном городке» свою продукцию представляли 47 предприятий и организаций, среди них АО «Щёлково Агрохим», ФосАгро, ООО «Агропромсервис», АО «Фирма Август», ООО «Бизнес - гарант», ООО АПК «Агро Бизнес Альянс», ГК «ШАНС» и многие другие.



После торжественного открытия Дня поля – 2021, в котором приняли участие руководители и специалисты областных, районных структур, представители бизнеса состоялась церемония награждения лучших работников АПК региона Почётными грамотами и Благодарностями Министерства сельского хозяйства РФ, Почётными грамотами Губернатора и Орловского областного совета.

После завершения официальной части гости осмотрели экспозиции научных учреждений, поставщиков средств защиты растений, семян, удобрений, финансовых, страховых организаций, познакомились с лучшими образцами сельскохозяйственной техники.

Особое внимание было уделено осмотру научных демонстрационных делянок, на которых представлены 477 селекционных достижений 23 различных культур. Член-корреспондент РАН, научный руководитель ФНЦ ЗБК В.И. Зотиков знакомя участников с сортами экологического сортоиспытания, более детально охарактеризовал достижения селекционеров ФНЦ ЗБК по гороху, гречихе, зерновым и другим культурам. В своём выступлении Владимир Иванович отметил, что традиционный День поля и Ярмарка сортов полевых культур на Шатиловской СХОС являются все эти годы масштабным аграрным праздником, эффективной площадкой интеграции теории и практики, которая позволяет решать многие проблемы АПК и свидетельствуют об огромных потенциальных возможностях научных учреждений страны.



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. За это время совершенствовались организационные формы и методические подходы в подготовке и проведении форума, расширялся круг участников. 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.), Аграрной недели Орловской области (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 гг.). Но в какой бы форме не проходил Шатиловский День поля интерес селекционеров увидеть свои сорта в новых условиях не угасал, им важно знать, как проявляются важнейшие признаки и их адаптивность к иным почвенно-климатическим условиям, особенно в сравнении с другими селекционными достижениями. Многие современные сорта «пошли» в производство не только Орловской области, но и другие регионы, через испытание на Шатиловской СХОС. Такие сорта озимой пшеницы как Московская 39, Московская 40, Немчиновская 57, Губернатор Дона, Гром, Краснодарская 99 и другие заняли в Орловской области более 300 тыс. га и стали основными сортами для производства зерна не только в ЦФО, но и в других регионах страны.

О селекционных новинках, представленных в текущем году на демонстрационных опытах Шатиловской СХОС, рассказывали авторы сортов: А.М. Медведев, А.Д. Кабашов, Н.В. Давыдова, Г.Н. Суворова, М.П. Мирошникова, В.С. Сидоренко, А.А. Зеленов, В.И. Мазалов, В.В. Чайкин, Л.М. Ярошенко и многие другие.

Среди многообразия высеянных здесь сортов есть перспективные, которые переданы на государственное сортоиспытание, а также сорта, внесённые в Государственный реестр с 2021 года. Это пшеница мягкая озимая Немчиновская 85, Московская 82, Акапелла, Краснодарская, Памяти Шатилова, Юбилей Дона и другие; рожь Саратовская 10, Сударушка, Чулпан; тритикале Арктур, Венец, Спика; овёс яровой Авеню, Драгун, Львовский; горох Синбир, Эстафета, Триумф Сибири, Тус, Факел; гречиха Диана, Анна, Уссурочка; просо Барнаульское 18, фасоль Хабаровская; вика яровая Гармония и многие другие.

125-й юбилей Шатиловской СХОС и 65 –й юбилей ФНЦ зернобобовых и крупяных культур стали хорошим поводом для консолидации учёных, работающих в области селекции, семеноводства и технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Участники аграрного форума постановили:

1. В соответствии с Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы «О снижении уровня импортозависимости» по ряду позиций в АПК страны расширить сортимент используемых в производстве культур, ускорить создание новых сортов, разработать приемы и технологии управления вегетацией и продуктивностью агроценозов за счет рационального применения удобрений, средств защиты растений, современных методов контроля за формированием продуктивности и качества продукции, создания производств для глубокой ее переработки.

2. Учитывая продолжающееся реформирование научно-исследовательских учреждений и вузов с целью создания научно-образовательных центров, консорциумов целесообразно создание и разработка комплексных программ и проектов, включающих наряду с научным планированием и подготовку высококвалифицированных специалистов, владеющих современными методами исследований на основе молекулярной биологии, генетики, приемами редактирования генома, селекции, семеноводства, технологиями получения органической продукции на основе использования функционально ценных и активных биологических компонентов природного происхождения. Организовать стажировку специалистов в ведущих отечественных и зарубежных научных учреждениях.

3. Для разработки новых эффективных наукоемких генетико-селекционных технологий созданным Федеральным научным центрам необходимо оказать целевую финансовую поддержку на обновление материально-технической базы, приобретение современного научного оборудования и приборов, малогабаритной техники для ускоренной реализации новых технологий селекционного процесса.

4. Целесообразно усилить координационную функцию

государственных органов по организации системы сортоиспытания и совершенствования методики оценки новых сортов, механизма их допуска к использованию с учетом интенсивных технологий производства и обязательной оценкой по целому спектру качественных показателей.

5. С принятием законов об органическом земледелии, органическом сельском хозяйстве



и экологически чистой (органической) продукции научно-исследовательским учреждениям и Центрам необходимо разработать комплекс агротехнологических приёмов с использованием биологических средств защиты растений, эффективных биопрепаратов и биостимуляторов, усиливающих ростовые процессы в агроценозах без снижения их продуктивности и качества продукции.

внешнем и внутреннем рынке и согласно поручения Президента РФ В.В. Путина «О необходимости производства к 2024 г 32 млн. т высококлассного зерна», внести существенные коррективы в структуру посевных площадей: увеличить долю сильных и ценных по качеству сортов отечественной селекции и долю производственных посевов элитными семенами до 15%.

7. Требуется поэтапный переход от внедрения в производство отдельных элементов автоматизации в агропромышленном комплексе Орловской области с применением современных цифровых технологий к комплексной координации реализации в регионе ведомственного пилотного проекта МСХ РФ «Цифровое сельское хозяйство» государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

8. Усовершенствовать механизмы постановки на учет объектов интеллектуальной собственности, защиты прав патентообладателей сортов, процедуры сбора роялти на основе доступной информации о сортовых посевах сельскохозяйственных культур, предоставляемых уполномоченными органами МСХ РФ.



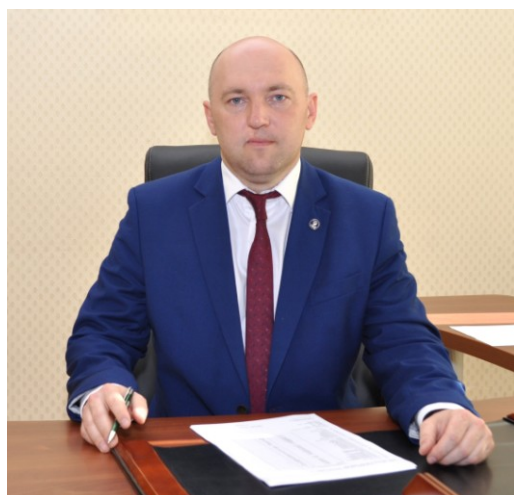
DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-12-16

УДК: 635.65:633:631.523:575

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР: 65 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ АГРАРНОЙ НАУКЕ

А.А. ПОЛУХИН, доктор экономических наук, профессор РАН, директор
ORCID ID 0000-0002-6652-1031, E-mail: dirzbc@yandex.ru

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»



В статье представлены исторические этапы становления и развития Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Отражены успехи и современные достижения в науке как ведущего селекционного и технологического центра по зернобобовым и крупяным культурам в системе Министерства науки и высшего образования РФ, Российской академии наук. Школы селекционеров, генетиков, технологов, созданные докторами сельскохозяйственных наук А.Н. Зеленовым, Н.М. Чекалиным, Н.В. Фесенко, Б.П. Гончаровым и другими учёными плодотворно работают, что подтверждается созданными

высокопродуктивными сортами и их широким ареалом распространения в России и за её пределами, новыми технологиями и технологическими приёмами с использованием биологических средств защиты растений.

Ключевые слова: научные исследования, селекционные достижения, зернобобовые культуры, гречиха, просо, технология возделывания, семеноводство и семеноведение, научное планирование и координация.

FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS: 65 YEARS IN THE SERVICE OF AGRICULTURAL SCIENCE

Polukhin A.A., ORCID ID: 0000-0002-6652-1031, E-mail: dirzbc@yandex.ru
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The article presents the historical stages of formation and development of Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops. It reflects the successes and modern achievements in science as a leading breeding and technological center for legumes and groat crops in the system of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Russian Academy of Sciences. Schools of breeders, geneticists, technologists, created by doctors of agricultural sciences A.N. Zelenov, N.M. Chekalin, N.V. Fesenko, B.P. Goncharov and other scientists are fruitfully working, which is confirmed by the created highly productive varieties and their wide distribution area in Russia and abroad, new technologies and technological methods using biological plant protection products.*

Keywords: scientific research, breeding achievements, legumes, buckwheat, millet, cultivation technology, seed production and seed science, scientific planning and coordination.

Этапы становления Центра:

1956 г. – Орловская опытная станция по конопле (Постановление Совета Министров СССР № 454 от 10. 04. 1956 г.);

1960 г. – Всесоюзная селекционно-опытная станция крупяных и зернобобовых культур (Приказ МСХ СССР № 168 от 03.09. 1960 г.; Приказ Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина № 178-П от 12.09.1960 г.);

1962 г. – Всесоюзный научно-исследовательский институт зернобобовых культур (Приказ МСХ СССР № 623-к от 19.11.1962 г.);

1973 г. – Всесоюзный научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур (Приказ Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина №50 от 12.06.1973 г.);

1981 г. – Научно-производственное объединение по зернобобовым и крупяным культурам (Приказ Министерства сельского хозяйства СССР № 273 от 01.09. 1981 г. и Приказ Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина № 67 от 15.09.1981 г.);

1986 г. – Научно-производственное объединение по зернобобовым и крупяным культурам «Орёл» (Приказ Государственного Агропромышленного комитета СССР № 44 от 21. 02.1986 г.);

1994 г. – Государственный научный центр РФ «Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур» (Постановление Правительства РФ № 1167 от 14. 10. 1994 г.);

2001 г. – Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур» (Постановление Президиума РАСХН протокол № 7 от 23. 07. 2001 г.);

2014 г. – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур» (Приказ Федерального Агентства Научных Организаций России № 459 от 30 июля 2014 г.);

2018 г. – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» (Приказ Министерства науки и высшего образования РФ № 347 от 24. 07. 2018 г.).

В течение всего периода деятельности коллектив учёных оставался флагманом научных поисков, изобретений, открытий в достижении аграрной науки в России.

Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур выполняет задания Государственных научных программ фундаментальных и приоритетных исследований по важнейшим направлениям развития и повышения эффективности отрасли растениеводства.

Основные направления научных исследований Центра:

- поиск, мобилизация и сохранение генетических ресурсов культурных растений и их диких сородичей в целях изучения, сохранения и использования биоразнообразия форм;

- фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам;

- молекулярно-биологические методы молекулярной селекции, ускоряющие целенаправленное создание новых форм, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур с повышенной урожайностью и качеством продукции, устойчивостью к вредным организмам и неблагоприятным факторам среды;

- разработка и совершенствование ресурсосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции, предусматривающих рациональное использование земельных, сырьевых, топливно-энергетических, материальных и трудовых ресурсов;

- разработка зональных и региональных систем семеноводства и требований к их экологической безопасности;

- координация НИР, научное планирование, программно-методическое обеспечение исследований по проблемам зернобобовых и крупяных культур в России.

В Центре сосредоточен уникальный генофонд источников и доноров высокой продуктивности и качества продукции. Он ежегодно пополняется новыми формами и сортообразцами. Достижения Центра – это результат плодотворной работы целой плеяды

учёных на протяжении всего периода деятельности – селекционеров, технологов, семеноводов, физиологов, биотехнологов, микробиологов, биохимиков. С использованием традиционных и новых современных методов учёными создано более 230 новых сортов гороха, сои, вики посевной, фасоли, кормовых бобов, чечевицы, люпина, чины, пайзы, чумизы, нута, клевера лугового, гречихи, проса, могона, проса африканского, пшеницы озимой мягкой, пшеницы твёрдой яровой, ярового и озимого ячменя, ярового овса и других культур, из них более 140 допущены к использованию в производстве России, Украины, Молдовы, Казахстана, в том числе: 38 гороха, 15 вики посевной, 8 сои, 5 кормовых бобов, 10 фасоли, 5 чечевицы, 11 сортов люпина (узколистный, белый, жёлтый), 26 гречихи, 19 проса [1]. В Госреестр РФ селекционных достижений, допущенных к использованию на 2021 год включены 110 сортов селекции Центра и созданных совместно с другими организациями [2]. В результате многолетнего научно-технического сотрудничества в Республике Беларусь допущены к использованию 13 сортов селекции института: горох, вика яровая, кормовые бобы, просо, гречиха, пайза. В национальные реестры Украины, Молдовы, Казахстана в различные годы внесены гречиха, горох, просо.

Сорта селекции Центра обладают высоким уровнем адаптации к различным почвенно-климатическим зонам, что подтверждается широким спектром регионов их допуска. За комплекс хозяйственно ценных признаков, широкое районирование, высокие потребительские и технологические качества, многие из созданных сортов награждены дипломами и медалями различных выставок.

Научные достижения Центра широко известны в нашей стране и за её пределами. В этом немалая доля труда талантливых учёных, работавших в Центре в различные периоды его деятельности: Героя социалистического труда В.Н. Бутовой; лауреатов Государственной премии в области науки и техники РФ Н.В. Фесенко, Г.Е. Мартыненко, Н.Н. Петелиной, лауреата премии Совета Министров СССР, заслуженного изобретателя РСФСР, кандидата технических наук В.П. Пьяных.

Большой вклад в организацию, развитие научных исследований в начальный период становления учреждения внесли директора: Т.М. Полетаев (1956-1957), С.М. Сергиенко (1958-1962); А.И. Татаринцев (1962-1967); кандидаты наук Г.В. Боднар (1967-1970), Ф.К. Чапурин (1970-1977), доктор с.-х. наук Н.М. Чекалин (1977-1983), доктора с.-х. наук, член – корреспонденты РАН А.Д. Задорин (1988-2002) и В.И. Зотиков (2003-2018).

Успешное решение всего комплекса научных исследований, включающего создание новых сортов, обеспечение их надёжной технологией возделывания, производство семян высших репродукций – это результат плодотворной работы целой плеяды учёных: А.П. Лаханов, Б.П. Гончаров, А.И. Терехов, В.И. Летуновский, А.П. Исаев, М.Д. Варлахов, С.И. Лосев, З.Е. Лосева, В.И. Измалков, В.П. Орлов, Л.Н. Гнетиева, Н.А. Соболев, В.И. Володин, Ю.А. Шашкин, В.П. Вельсовский, А.Ф. Путинцев, Н.Ф. Кантерина, Л.Ф. Шумилина, В.Ф. Сидорова, А.М. Курочкин, А.М. Овчинникова, П.Д. Бойцов, И.В. Кондыков, В.Л. Яковлев, В.М. Новиков, Заслуженный работник сельского хозяйства РФ В.Н. Зайцев, Заслуженный агроном РФ В.Н. Уваров и другие.

Созданы новые высокопродуктивные сорта с комплексом хозяйственно ценных признаков, выявлены физиологические механизмы высокой продуктивности и качества продукции, разработаны высокоэффективные системы удобрения зернобобовых и крупяных культур, биологические и химические методы защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, системы севооборотов и ландшафтного земледелия, научные основы системы семеноводства [3].

В настоящее время активное участие в выполнении различных направлений Государственных заданий Федеральных научных программ принимают: доктор с.-х. наук, профессор, член-корреспондент РАН, научный руководитель Центра В.И. Зотиков, доктор с.-х. наук, Заслуженный работник сельского хозяйства РФ А.Н. Зеленев (директор Института с 1983 по 1987), Заслуженный работник сельского хозяйства РФ, кандидат с.-х. наук З.Р. Цуканова, доктора наук А.Н. Фесенко, Е.В. Головина, кандидаты наук В.С. Сидоренко, А.А.

Зеленов, Г.А. Борзёнок, Г.Н. Суворова, С.В. Бобков, З.И. Глазова, М.Т. Голопатов, А.С. Акулов, Г.В., Соболева, М.П. Мирошникова, А.И. Зайцева, З.А.Зарьянова, А.И.Ерохин, И.Л. Тычинская, В.И. Понарина и многие другие.

Большое внимание Центр уделяет кооперации и творческим связям с другими научными учреждениями. Так, в результате выполнения совместных селекционных программ с Орловским ГАУ имени Н.В. Парахина, Татарским НИИСХ, Самарским НИИСХ имени Н.М. Тулайкова, ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, Курским НИИ АПП, Дальневосточным НИИСХ, НИИСХ Северного Зауралья, Украинским НИИ растениеводства имени В.Я. Юрьева, НИИ полевых культур, республика Молдова, Шатиловской СХОС и многими другими учреждениями созданы новые сорта гороха, вики, фасоли, люпина, сои, гречихи. Центр поддерживает и развивает международное сотрудничество с учёными Казахстана, Украины, Белоруссии, Японии, Китая, Чехии, Швейцарии, Германии. В процессе сотрудничества осуществляется обмен селекционным материалом, научной литературой, делегациями учёных.

Обеспечивая научное сопровождение эффективного внедрения в производство инновационных разработок, Центр активно сотрудничает с Департаментом сельского хозяйства и различными структурами в системе АПК Орловской области. С участием учёных разработаны: Система земледелия области, Система ведения сельского хозяйства, ежегодно, с учётом сложившихся климатических условий, издаются Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в области [4].

Центр координирует работу научно-исследовательских учреждений и организаций России, занимающихся проблемами зернобобовых культур, гречихи и проса, разрабатывает перспективные Межведомственные координационные программы фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению развития АПК, составляет и издаёт Сводные отчёты по выполнению этих Программ [5, 6, 7], организывает и проводит Всероссийские, Международные конференции, совещания, семинары, съезды, симпозиумы, Дни поля [8]. Ведущие учёные Центра принимают активное участие в различных международных форумах, конференциях, симпозиумах.

Результаты завершённых исследований учёных Центра широко освещаются в научных публикациях отечественных и зарубежных изданий, представляются на выставках научных достижений различных уровней. Изданы свыше 50 книг и монографий, 68 сборников научных работ, 47 научно-технических бюллетеней, 187 методик, рекомендаций, учебников, проспектов, каталогов сортов и другие научные публикации [9].

С 2012 года Центр учредил и издаёт Всероссийский научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры», включённый в Международную информационную систему «Агрис», а также библиографическую базу данных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). С 2015 года журнал включён в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Минобрнауки РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук. Выпущено в свет 39 номеров, в которых опубликовано свыше 850 научных статей отечественных и зарубежных авторов, в том числе из Казахстана, Беларуси, Украины, Молдовы, Сербии, Азербайджана, Швейцарии.

Широкая практическая, инновационная направленность, современные технологии, новаторские Проекты и совместные с другими научными учреждениями Гранты, которые реализует Центр, позволяют уверенно идти в ногу со временем, заниматься глубокой перспективной исследовательской работой. Центр открыт для всех форм взаимовыгодного сотрудничества в области растениеводства, селекции, семеноводства, технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., и др. Каталог сортов сельскохозяйственных культур селекции Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Орёл: ФГБНУ ФНЦ ЗБК, Изд-во ООО ПФ «Картуш». 2021. – 200 с.

2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорты растений. Москва, «Росинформагротех», – 2021. – 719 с.
3. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Чернозёмного региона РФ. Орёл. ФНЦ ЗБК. 2019. – 319 с.
4. Бударина Г.А. Вредные организмы гороха и приёмы оптимизации фитосанитарного состояния посевов. ООО ПФ «Картуш». – Орёл. 2016. – 80 с.
5. Борзёнков С.П., Полухин А.А., Зотиков В.И. и др. Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Орловской области в 2021 году. Орёл: ФГБНУ ФНЦ ЗБК. 2021. – 50 с.
6. Зотиков В.И., Задорин А.М., Грядунцова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Стратегия производства зернобобовых и крупяных культур на основе селекции, семеноводства и ресурсосберегающих технологий. (Результаты выполнения Межведомственного координационного плана фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению АПК РФ за 2016 – 2017 гг.). Орёл. 2018. ФГБНУ ВНИИЗБК. – 90 с.
7. Зотиков В.И., Задорин А.М., Н.В.Грядунцова и др. Зернобобовые и крупяные культуры России (Итоги выполнения Межведомственного координационного плана фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению АПК РФ за 2016- 2019 гг.)). Орёл: ФГБНУ ФНЦ ЗБК. 2019. – 72 с.
8. Зотиков В.И., Зеленов А.А., Полухин А.А. и др. День поля: прошлое и настоящее. Орёл. – ООО ПФ «Картуш». 2020. – 40 с.
9. Новые сорта сельскохозяйственных культур_ составная часть инновационных технологий в растениеводстве. Под редакцией В.И. Зотикова // Сборник научных материалов, посвящённых 115-летию Шатиловской СХОС. Орёл. ГНУ ВНИИЗБК. 2011. – 596 с.

References

1. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S. et al. *Katalog sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur seleksii Federal'nogo nauchnogo tsentra zernobobovykh i krupyanykh kul'tur* [Catalog of agricultural crop varieties bred by the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops]. Orel: FGBNU FNTs ZBK, ООО ПФ «Kartush» Publ., 2021, 200 p. (In Russian)
2. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Tom 1. Sorta rastenii. [State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. Plant varieties], Moscow, «Rosinformagrotekh», 2021, 719 p. (In Russian)
3. Golovina E.V., Zotikov V.I. *Produksionnyi protsess i adaptivnye reaksii k abioticheskim faktoram sortov soi severnogo ekotipa v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona RF* [Production process and adaptive responses to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype under the conditions of the Central Black Earth Region of the Russian Federation]. Monograph. Orel. FGBNU FNTs ZBK Publ. 2019, 319 p. (In Russian)
4. Budarina G.A. *Vrednye organizmy gorokha i priemy optimizatsii fitosanitarnogo sostoyaniya posevov* [Pests of peas and methods for optimizing the phytosanitary state of crops]. ООО ПФ «Kartush» Publ., Orel. 2016, 80 p. (In Russian)
5. Borzenkov S.P., Polukhin A.A., Zotikov V.I., Zadorin A.M. et al. *Rekomendatsii po provedeniyu vesenne-polevykh rabot v Orlovskoi oblasti v 2021 godu* [Recommendations for spring field work in the Oryol region in 2021]. Orel: FGBNU FNTs ZBK Publ. 2021, 50 p. (In Russian)
6. Zotikov V.I., Zadorin A.M., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. *Strategiya proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur na osnove seleksii, semenovodstva i resursosberegayushchikh tekhnologii* [Strategy for the production of legumes and groat crops based on breeding, seed production and resource-saving technologies]. (Rezultaty vypolneniya Mezhvedomstvennogo koordinatsionnogo plana fundamental'nykh i prioritnykh prikladnykh issledovaniy po nauchnomu obespecheniyu APK RF za 2016 - 2017 [Results of the implementation of the Interdepartmental coordination plan for fundamental and priority applied research on scientific support of the agro-industrial complex of the Russian Federation for 2016 - 2017]). Orel. 2018, FGBNU FNTs ZBK Publ., 90 p. (In Russian)
7. Zotikov V.I., Zadorin A.M., Gryadunova N.V. et al. *Zernobobove i krupyanye kul'tury Rossii* [Legumes and groat crops of Russia] (Itogi vypolneniya Mezhvedomstvennogo koordinatsionnogo plana fundamental'nykh i prioritnykh prikladnykh issledovaniy po nauchnomu obespecheniyu APK RF za 2016- 2019 [Results of the implementation of the Interdepartmental coordination plan for fundamental and priority applied research on scientific support of the agro-industrial complex of the Russian Federation for 2016-2019])). Orel: FNTs ZBK Publ., 2019, 72 p. (In Russian)
8. Zotikov V.I., Zelenov A.A., Polukhin A.A. et al. *Den' polya: proshloe i nastoyashchee* [Field day: past and present]. Orel, ООО ПФ «Kartush» Publ., 2020, 40 p. (In Russian)
9. Zotikov V.I., ed. *Novye sorta sel'skokhozyaistvennykh kul'tur - sostavnaya chast' innovatsionnykh tekhnologii v rastenievodstve* [New varieties of agricultural crops - an integral part of innovative technologies in crop production]. *Sbornik nauchnykh materialov, posvyashchennykh 115-letiyu Shatilovskoi SKhOS* [Collection of scientific materials dedicated to the 115th anniversary of the Shatilovo agricultural enterprise]. Orel. GNU VNIIZBK Publ., 2011, 596 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22

УДК 633.111.1; 631.559.2

УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ЭЛЕМЕНТЫ ЕЁ СТРУКТУРЫ И АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

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

E-mail: sanduchadze@mail.ru

Р.З. МАМЕДОВ, М.С. КРАХМАЛЁВА, кандидаты сельскохозяйственных наук

В.В. БУГРОВА, старший научный сотрудник

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

Пшеница является одной из основных продовольственных культур в России. Важную роль в достижении высоких валовых сборов зерна играет Нечерноземный регион РФ, где преимущественно возделывают сорта селекции «ФИЦ «Немчиновка». Приведены данные конкурсного сортоиспытания по 10 сортам озимой пшеницы за 2003-2017 гг. по следующим показателям: урожайность, число колосьев на 1 м², длина колоса, число колосков, число зерен в колосе, масса 1000 зерен. Максимальная средняя урожайность за годы исследования выявлена у сортов Московская 56 (68,5 ц/га) и Немчиновская 57 (68,2 ц/га). В отдельные годы испытания продуктивность сортов достигала уровня 100 ц/га, максимум у сорта Немчиновская 24 – 123,5 ц/га. Рассчитаны коэффициенты пластичности и стабильности. Определено, что наиболее пластичными сортами являются Галина ($b_i = 1,42$) и Немчиновская 24 ($b_i = 1,89$). Стабильными сортами считаются Мироновская 808 ($b_i = 0,86$, $S^2_i = 0,10$) и Московская 39 ($b_i = 1,07$, $S^2_i = 0,15$). Сорт Московская 56 имел максимальное число колосьев на 1 м² (528 шт.), Немчиновская 57 и Немчиновская 24 – число зерен в колосе (32,3 и 32,2 соответственно), Галина – массу зерна с колоса (1,5 г) и массу 1000 зерен (45,7 г), эти сорта могут использоваться в качестве доноров по описанным признакам. Рассчитаны коэффициенты корреляции урожайности с элементами продуктивности. Подтверждено, что важнейшими определяющими урожайность признаками являются: число колосьев на 1 м² ($r =$ от 0,51 до 0,88); масса зерна с колоса ($r =$ от 0,31 до 0,74) и масса 1000 зерен ($r =$ от 0,45 до 0,78).

Ключевые слова: пшеница, урожайность, сорт, пластичность, стабильность.

YIELD OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES, ELEMENTS OF ITS STRUCTURE AND ADAPTIVE PROPERTIES IN THE CONDITIONS OF THE NECHERNOZEM ZONE

B.I. Sanduchadze, R.Z. Mamedov, M.S. Krakhmalyova, V.V. Bugrova

FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *Wheat is one of the main food crops in Russia. An important role in achieving high gross grain yields is played by the Nechernozem region of the Russian Federation, where the varieties of selection of the «FITZ «Nemchinovka» are mainly cultivated. The data of the competitive variety testing for 10 varieties of winter wheat for 2003-2017 are given according to the following indicators: yield, number of ears per 1 m², length of the ear, number of spikelets, number of grains per ear, weight of 1000 grains. The maximum average yield over the years of the study was found in the varieties Moskovskaya 56 (68.5 c/ha) and Nemchinovskaya 57 (68.2 c/ha). In some years of the test, the productivity of the varieties reached the level of 100 c/ha, the maximum for the Nemchinovskaya 24 variety was 123.5 c/ha. The coefficients of plasticity and stability are calculated. It is determined that the most plastic varieties are Galina ($b_i = 1.42$) and Nemchinovskaya 24 ($b_i = 1.89$). Stable varieties are Mironovskaya 808 ($b_i = 0.86$, $S^2_i = 0.10$) and*

Moskovskaya 39 ($b_i = 1.07$, $S^2 i = 0.15$). Variety Moscow 56 had the maximum number of ears per 1 m² (528), Nemchinovskaya 57 and Nemchinovskaya 24 – number of grains per spike (and 32.2 and 32.3, respectively), Galina - weight of grain per spike (1.5 g) and weight of 1000 grains (45,7 g), these varieties can be used as donors in the described features. The coefficients of correlation of productivity with the elements of productivity are calculated. It is confirmed that the most important characteristics determining the yield are the number of ears per 1 m² ($r = 0.51$ to 0.88); the weight of grain per ear ($r = 0.31$ to 0.74) and the weight of 1000 grains ($r = 0.45$ to 0.78).

Keywords: wheat, yield, variety, plasticity, stability.

Озимая мягкая пшеница является одной из основных продовольственных культур в Российской Федерации. Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» относится к основным селекционным центрам по селекции зерновых культур, в первую очередь озимой пшеницы [1]. Суммарные площади посевов под сортами озимой пшеницы селекции института составляют более 2 млн. га (по данным Россельхозцентра за 2017-2019 гг.). Согласно прогнозу Минсельхоза РФ, экспорт зерна в текущем сельскохозяйственном году составит 45 млн т, в том числе 36 млн т пшеницы (по данным ИТАР-ТАСС).

Получение стабильно высоких урожаев без использования адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям сортов невозможно. В Нечерноземной зоне производство озимой пшеницы началось сравнительно недавно, в 60-х годах прошлого столетия. До этого пшеница в этой зоне не выращивалась по причине плохой перезимовки, сильного полегания, и как следствие, низкой продуктивности. В Немчиновском институте идёт непрерывная селекционная работа, направленная на повышение продуктивности и адаптивности сортов озимой пшеницы. Перед селекционерами стоит задача увеличить валовые сборы зерна за счет генетических ресурсов сорта. Основными путями увеличения продуктивности у сортов озимой пшеницы являются: создание более плотного стеблестоя в посевах и увеличения массы зерна с колоса. Число колосьев на единицу площади зависит от продуктивной кустистости растения, зимостойкости, посевной всхожести и других. Масса зерна с колоса складывается из следующих факторов: длина колоса, число колосков в нем, озерненность колоса и крупность зерна. Серьезной проблемой в работе селекционеров являются отрицательные корреляции, препятствующие совмещению в одном генотипе комплекса хозяйственно ценных признаков и свойств [2].

Для совершенствования абстрактной модели сорта данной эколого-географической зоны необходимо изучать вклад каждого компонента в общий урожай [3, 4]. В литературе существует мнение, что более урожайные сорта – это сорта с сильной выраженностью всех структурных элементов [5]. Перед селекционерами стоит задача увеличить число зерен с 1 м² [6]. При этом каждый сорт уникален балансом продуктивности и вариабельности.

В данной статье мы дифференцировали сорта по уровню их урожайности, степени пластичности и стабильности. Определили какие элементы продуктивности были максимально выражены по сортам и какие из них имели сильную корреляцию с урожайностью.

Методика и условия исследования

В статье рассматривали урожайность и элементы продуктивности сортов мягкой озимой пшеницы, их вклад в конечную урожайность сортов. Данные приведены за 2003-2017 годы. Охарактеризованы 10 сортов, таких как Мироновская 808, Заря, Инна, Памяти Федина, Московская 39, Галина, Московская 40, Немчиновская 24, Московская 56, Немчиновская 57. Оригинатором всех сортов, за исключением Мироновской 808 (Мироновский институт селекции и семеноводства пшеницы), является ФИЦ «Немчиновка». Измеряли число колосьев на 1 м², длину колоса, число колосков, число зерен, массу зерна с колоса, массу 1000 зерен [7]. Сорта охарактеризованы по данным конкурсного сортоиспытания. Площадь делянки 10 м², 4-х кратная повторность. Полевые опыты проводили в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания [8].

Посевы располагались на полях селекционного севооборота. Почва дерново-подзолистая, суглинистая. Содержание гумуса 2,1-2,5%, pH солевой вытяжки в слое почвы 0-20 см – 5,4, гидролитическая кислотность – 2,51 мг-экв на 100 г почвы. Мощность пахотного слоя – 28 см. Агротехника возделывания озимой пшеницы в опыте - общепринятая для зоны. Предшественником озимой пшеницы служил чистый пар. Минеральные удобрения вносили под культивацию из расчета $N_{15}P_{15}K_{15}$ (азофоска) [9].

Для оценки адаптивных свойств сортов использовали коэффициент линейной регрессии (b_i), или коэффициент пластичности; дисперсию (S^2i), или вариансу стабильности. Для вычисления b_i сначала определяли индексы условий среды I_j , рассчитывали их по методу Эберхарта и Рассела [10].

Для сравнения коэффициентов корреляции нами была выбрана следующая градация В.Ф. Дорофеева, А.В. Мельникова: $r < 0,3$ – связь слабая; $0,31 < r < 0,50$ – умеренная; $0,51 < r < 0,70$ – значительная; $0,71 < r < 0,90$ – сильная; $r > 0,90$ – очень сильная, близкая к функциональной [11].

Результаты и их обсуждение

Средняя урожайность сортов в изученные годы составляла от 56,1 ц/га (Заря) до 68,2 ц/га (Немчиновская 57) и 68,5 ц/га (Московская 56). Погодные условия в годы исследования значительно влияли на продуктивность сортов, максимальная урожайность была в 2015 году и составляла от 81,0 (Заря) до 123,5 ц/га (Немчиновская 24) (табл. 1).

К пластичным сортам относят сорта с коэффициентом пластичности b_i значительно больше 1,0. В нашей работе такими являлись Галина ($b_i=1,42$) и Немчиновская 24 ($b_i=1,89$). Для оценки стабильности сорта использовали коэффициент стабильности (S^2i) –, чем он ближе к нулю, тем стабильнее является сорт. Наименьшим он был у сортов Мироновская 808 (0,10) и Московская 39 (0,15). В совокупности с коэффициентом пластичности близким к 1,0, эти сорта являются генетически стабильными.

Таблица 1

Урожайность сортов озимой пшеницы и параметры её экологической адаптивности, 2003-2017 гг.

	Урожайность, ц/га	min	max	b_i	S^2i
Мироновская 808	56,2	19,4	83,4	0,86	0,10
Заря	56,1	20,5	81,0	0,79	0,50
Инна	67,5	18,6	89,1	0,80	0,30
Памяти Федина	62,5	14,1	98,4	0,84	0,70
Московская 39	57,6	18,9	90,7	1,07	0,15
Московская 40	62,5	30,6	90,0	0,81	0,74
Галина	62,4	13,9	103,3	1,42	0,52
Московская 56	68,5	20,9	94,9	0,73	1,02
Немчиновская 57	68,2	29,2	89,9	0,79	0,80
Немчиновская 24	64,4	16,3	123,5	1,89	1,13

[составлено авторами]

По структурным элементам урожайности максимальную выраженность имели сорта Московская 56 – по числу колосьев на 1 м² (527 шт.), Инна – по длине колоса (9,5 см), Немчиновская 24 – по числу колосков (15,0 шт.), Немчиновская 57 и Немчиновская 24 – по числу зерен в колосе (32,3 и 32,2 шт. соответственно), Галина – по массе зерна с колоса (1,5 г) и массе 1000 зерен (45,7 г) (табл. 2). В соответствии с этим, указанные сорта использовали в скрещиваниях в качестве доноров большого числа колосьев на 1 м², высокой массы 1000 зерен, числа зерен и других признаков.

Таблица 2

Характеристика структурных элементов урожайности, 2003-2017 гг.

Сорт		Число колосьев на 1 м ² , шт.	Колос				Масса 1000 зерен, г
			Длина, см	Число колосков, шт.	Число зерен, шт.	Масса зерна, г	
Мироновская 808	$\bar{X}$	457	8,4	13,9	26,4	1,2	44,7
	lim	112-772	7,2-9,9	12,7-15,2	30-31	0,8-1,51	29,9-52,9
Заря	$\bar{X}$	465	8,6	14,1	25,4	1,2	45,3
	lim	260-832	7,0-10,6	12,6-15,5	21-33	0,6-1,68	25,9-57,5
Инна	$\bar{X}$	480	9,5	14,2	29,5	1,3	42,6
	lim	276-851	8,1-11,2	12,8-15,7	24-38	0,6-1,63	24,3-54,3
Памяти Федина	$\bar{X}$	437	8,7	14,2	30,4	1,2	40,2
	lim	164-782	7,3-10,1	13,0-15,5	21-36	0,5-1,54	25-50,7
Московская 39	$\bar{X}$	456	7,8	13,8	28,9	1,2	41,1
	lim	116-766	6,6-9,2	12,2-15,0	24-34	0,7-1,52	28-50,4
Московская 40	$\bar{X}$	492	7,0	14,4	29,2	1,3	44,2
	lim	279-807	6,4-8,1	12,4-15,4	24-36	0,82-2,0	28,7-56,6
Галина	$\bar{X}$	400	8,6	14,2	31,6	11,5	45,7
	lim	82-842	7,4-9,6	12,8-17,3	27-38	0,7-1,87	24,6-38,0
Московская 56	$\bar{X}$	528	7,8	14,1	29,0	1,3	44,2
	lim	308-946	6,9-9,4	13,2-15,3	25-36	0,66-2,01	25,3-55,8
Немчиновская 57	$\bar{X}$	490	8,8	14,4	32,3	1,3	40,8
	lim	258-1123	7,6-10,4	12,6-16,5	26-44	0,86-1,9	30,2-47,2
Немчиновская 24	$\bar{X}$	446	7,4	15,0	32,2	1,4	43,3
	lim	138-1054	6,6-8,3	13,6-16,2	25-44	0,7-1,98	25-59,9

[составлено авторами]

Для оценки степени влияния каждого изученного структурного элемента на урожайность мы рассчитали коэффициент корреляции. По сортам выявлена разная степень взаимосвязи. Оценивая коэффициенты корреляции можно сказать, что важнейшим признаком, влияющим на урожайность озимой пшеницы, являются число колосьев на 1 м² (r от 0,51 до 0,88); масса зерна с колоса (r от 0,31 до 0,74) и масса 1000 зерен (r от 0,45 до 0,78). В изученных условиях взаимосвязь между урожайностью и длиной колоса, урожайностью и числом колосков значительно различалась. Коэффициент корреляции составлял от -0,24 (Инна) до 0,46 (Московская 40) (табл. 3).

У высоко пластичных сортов Галина и Немчиновская 24 пути достижения высокой урожайности отличаются. У Галины наблюдается одинаково значительное влияние на продуктивность и числа колосьев на 1 м² (r=0,70), и массы 1000 зерен (r=0,76). У Немчиновской 24 основное влияние на урожайность оказывает густота стеблестоя (r=0,84).

Таблица 3

Коэффициент корреляции (r) между урожайностью и её структурными элементами у сортов озимой пшеницы, 2003-2017 гг.

Сорт	Урожайность/					
	/число колосьев на 1 м ²	/длина колоса	/число колосков	/число зерен	/масса зерна с колоса	/масса 1000 зерен
Мироновская 808	0,82	-0,02	0,16	-0,18	0,53	0,75
Заря	0,66	0,04	0,34	0,28	0,63	0,72
Инна	0,63	-0,24	-0,11	-0,10	0,54	0,74
Памяти Федина	0,88	0,06	-0,27	0,04	0,74	0,78
Московская 39	0,69	-0,18	0,12	-0,10	0,50	0,65
Московская 40	0,52	0,46	0,12	-0,08	0,33	0,53
Галина	0,70	-0,05	0	-0,07	0,59	0,76
Московская 56	0,67	0,39	0,53	0,53	0,71	0,67
Немчиновская 57	0,51	0,16	0,06	0,04	0,36	0,52
Немчиновская 24	0,84	-0,22	0,29	-0,06	0,31	0,45

[составлено авторами]

Заключение

Сорта озимой пшеницы селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка» являются высокоурожайными и адаптивными, в благоприятные по погодным условиям годы продуктивность достигает 80 ц/га и более. За годы исследования наибольшую среднюю урожайность показали сорта Московская 56 (68,5 ц/га) и Немчиновская 57 (68,2 ц/га). Максимальная урожайность в отдельные годы достигала 123,5 ц/га у сорта Немчиновская 24. Сорта Галина и Немчиновская 24 определены как пластичные сорта, Московская 39 и Мироновская 808 – как стабильные. Немчиновские сорта не только широко распространены в производстве, но и могут активно внедряться в скрещивания. Так, сорт Московская 56 имеет стабильно густой стеблестой, а крупное зерно и высокую массу зерна с колоса имеет сорт Галина. Важную роль в достижении высоких стабильных урожаев играют не только отдельные компоненты, но и их комплексное проявление.

Литература

1. Тарасова Л.Л. Оценка агрометеорологических показателей условий зимовки озимых зерновых культур в Центральных черноземных областях в условиях климатических изменений. //Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации, – 2016. – № 360, – С. 26-44.
2. Сандухадзе Б.И., Бугрова В.В., Крахмалёва М.С., Мамедов Р.З. Особенности генотипа сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Нечерноземной зоны РФ. //Российская сельскохозяйственная наука, – 2020. – № 5, – С. 8-11. DOI: 10.31857/S2500262720050026
3. Кошкин С.С., Цаценко Л.В. Морфогенез колоса озимой мягкой пшеницы: история вопроса и современное состояние. //Труды Кубанского государственного университета, – 2013. – № 4 (43). – С. 117-120.
4. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Аблова И.Б. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой. Краснодар: – 2005. ЭДВИ, – С. 224.
5. Ковтун В.И., Сухарева А.А. Урожайность и элементы её структуры у новых генотипов пшеницы мягкой озимой в условиях юга России. // Аграрный научный журнал, 2020. №11. - С. 16-19. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i11pp16-19>
6. Крупнов В. А. Генетическая сложность и контекст-специфичность признаков урожая пшеницы в засушливых условиях. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. том 17, – № 3, – С. 524-534.
7. Сандухадзе Б.И., Рыбакова М.И., Кочетыгов Г.В., Бугрова В.В., Морозов А.А., Сандухадзе Э.К., Мамедов Р.З. Ускорение селекционного процесса озимой пшеницы при использовании регулируемых условий. //Зерновое хозяйство России, – 2016. – № 6, – С. 39-42.
8. Манукян И.Р., Басиева М.А., Мирошникова Е.С., Абиев В.Б. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа. //Аграрный вестник Урала. 2019. - № 4 (183), - С. 20-26. DOI: 10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.46300158

9. Коровушкина М.С. Создание исходного материала в селекции озимой пшеницы на короткостебельность и продуктивность с использованием полукарликовой линии Л-982. //Автореферат диссертации. Немчиновка. – 2012. – 22 с.
10. Eberhart S.G., Russel W.G. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci., – 1966, – № 6, – 36. p
11. Константинова О.Б. Сравнительная оценка адаптивности и качества зерна озимых зерновых культур в условиях лесостепи Кемеровской области. //Дисс. ... канд. с.-х. наук. Кемерово, – 2016. – 156 с.

References

1. Tarasova L.L. Assessment of agrometeorological indicators of wintering conditions for winter grain crops in the Central chernozem regions under climatic changes. Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation, 2016, no. 360, pp. 26-44. (in Russian)
2. Sandukhadze B.I., Bugrova V.V., Krakhmaleva M.S., Mamedov R.Z. Features of the genotype of winter wheat varieties cultivated in the Nechernozem zone of the Russian Federation. *Russian agricultural science*, 2020, no. 5, p. 8-11. DOI: 10.31857 / S2500262720050026 (in Russian)
3. Koshkin S.S., Tsatsenko L.V. Ear morphogenesis of bread winter wheat: history and current state. Proceedings of the Kuban State University, 2013, no. 4 (43), p. 117-120. (in Russian)
4. Romanenko A.A., Bespalova L.A., Kudryashov I.N., Ablova I.B. New varietal policy and varietal agricultural technology for winter. Krasnodar: EDVI, 2005, p. 224. (in Russian)
5. Kovtun V.I., Sukhareva A.A. Productivity and elements of its structure in new genotypes of bread winter wheat in the south of Russia. *Agrarian scientific journal*, 2020, no.11, pp. 16-19. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i11pp16-19> (in Russian)
6. Krupnov V.A. Genetic Complexity and Context-Specificity of Wheat Yield Traits in Dry Conditions. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2013, Volume 17, No. 3, p. 524-534. (in Russian)
7. Sandukhadze B.I., Rybakova M.I., Kochetygov G.V., Bugrova V.V., Morozov A.A., Sandukhadze E.K., Mamedov R.Z. Accelerating the breeding process of winter wheat using controlled conditions. *Grain farming of Russia*, 2016, no. 6, pp. 39-42. (in Russian)
8. Manukyan I.R., Basieva M.A., Miroshnikova E.S., Abiev V.B. Assessment of the ecological plasticity of winter wheat varieties in the foothill zone of the Central Caucasus. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019, No. 4 (183), pp. 20-26. DOI: 10.32417 / article_5cf94f63b4d0f7.46300158 (in Russian)
9. Korovushkina M.S. Creation of initial material in breeding winter wheat for short-stemming and productivity using the semi-dwarf line L-982. Abstract of the thesis. Nemchinovka. 2012, 22 p. (in Russian)
10. Eberhart, S.G., Russel W.G. Stability parameters for comparing varieties. 1966, Crop. Sci., no. 6, 36 p.
11. Konstantinova O.B. Comparative assessment of the adaptability and grain quality of winter grain crops in the forest-steppe conditions of the Kemerovo region. Diss. ... Cand. s.-kh. sciences. Kemerovo, 2016, 156 p. (in Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3- 23-33

УДК 633.14:631.52

ИЗМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТониКИ РАСТЕНИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ

В.В. ЧАЙКИН, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-2447-9944

А.А. ТОРОП, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.А. ТОРОП, доктор биологических наук

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА», E-mail: niich1c@mail.ru

Изменение архитектоники растения рассматривается в центре в качестве основного направления в селекции озимой ржи на современном этапе. В результате использования источников доминантной короткостебельности устойчивость создаваемых сортов к полеганию увеличилась на 37,0 %, а реальная урожайность – на 17,2 %. У сортов ржи традиционного морфотипа основным фотосинтезирующим органом является стебель. Для сохранения присущего растениям фотосинтетического потенциала на первом этапе были созданы сорта устойчивые к листовым болезням, а в последующем были сформированы крупнолистные популяции и сорта. Чтобы придать последним устойчивость к засухе, использовали формы с эректоидной ориентацией листьев. В результате проведенной работы происходил постепенный рост урожайности и устойчивости к полеганию. Но при этом происходил и постепенный рост напряженности донорно-акцепторных отношений между вегетативной массой побега и наливающимся зерном. Сделан вывод, что для стабильности уровня урожая потенциал продуктивности акцептора (колоса) должен соответствовать потенциальным возможностям побега – донора пластических веществ, необходимых для формирования высокопродуктивного колоса. Количество продуктивных побегов и продуктивность побега (колоса), наиболее часто определяющие уровень урожайности, являются признаками-антагонистами. Поэтому перспективные ценозы могут быть представлены как высокорослыми (порядка 100 см) растениями с крупными листьями и колосьями, так и короткостебельными растениями с менее продуктивным колосом.

Ключевые слова: озимая рожь, селекция, архитектоника растения и посева, «зеленая революция», короткостебельность, ориентация листьев, перспективные ценозы.

CHANGE OF PLANT ARCHITECTONICS AS A DIRECTION IN BREEDING OF WINTER RYE

V.V. Chaikin, ORCID 0000-0003-2447-9944 E-mail: niich1c@mail.ru

A.A. Torop, E.A. Torop

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

Abstract: *Change of plant architectonics is considered as the main direction in the selection of winter rye at the Center at the present time. The use of dominant short-stem sources has resulted in an increase in lodging resistance of the developed varieties by 37.0% and an increase in actual yield by 17.2%. In rye varieties of traditional morphotype, the main photosynthetic organ is the stem. In order to preserve the inherent photosynthetic potential of the plants, varieties resistant to leaf diseases were developed in the first phase, followed by development of large-leaf populations and varieties. To impart drought tolerance to the latter, forms with an erectoid leaf orientation were used. As a result of this work, there was a gradual increase in yield and lodging resistance.*

But there was also a gradual increase of donor-acceptor relations between the vegetative mass of the shoot and the maturing grain. It has been concluded that for the stability of the yield level, the productivity potential of the acceptor (spike) must correspond to the potential capabilities of the shoot - the donor of plastic substances necessary for the formation of a highly productive spike. The number of productive shoots and the productivity of the shoot (spike), the most common determinants of the yield level, are antagonistic traits. Therefore, promising cenoses can be represented by both high (of about 100 cm) plants with large leaves and spikes, and short-stemmed plants with a less productive spike.

Keywords: winter rye, selection, plant and sowing architectonics, «green revolution», short-stemness, leaf orientation, promising cenoses.

Введение

В основе «зеленой революции», произведенной Н. Борлаугом, лежит изменение архитектоники растения. Это направление в селекции по своей эффективности не уступает использованию гетерозиса, а объединение их в перспективе должно быть особенно эффективным [4].

В отечественной селекции растений высокая результативность этого направления особенно наглядно показана работами академика П.П. Лукьяненко, его учениками и последователями [3]. Благодаря в основном изменению архитектоники растения, горох из экстенсивной низкоурожайной культуры превратился в высокоурожайную и высокотехнологичную [5, 6]. То же наблюдается и в селекции гречихи [15].

В селекции озимой ржи несовершенство архитектоники растения в свое время послужило одной из причин существенного сокращения ее посевных площадей. Длинный стебель был причиной полегания ее посевов, что затрудняло уборку урожая и приводило к существенным его потерям. Такие сорта нецелесообразно было размещать на повышенных агрофонах, и заложенные в сорте потенциальные возможности оставались нереализованными.

Стремление повысить устойчивость ржи к полеганию за счет укорочения стебля, из-за существования довольно тесной положительной корреляции между длиной стебля и продуктивностью колоса [9], приводило к созданию более устойчивых к полеганию, но недостаточно урожайных сортов. Включение в гибридизацию относительно короткостебельных сортов западноевропейской селекции позволяло создавать популяции с лучшей устойчивостью к полеганию, но, как правило, недостаточно зимостойкие [8].

Значительные перспективы появились в нашей стране только при использовании в селекции новых источников короткостебельности (коллекционный образец ВИР к-10028 и мутант ЕМ-1), обнаруженных профессором В.Д. Кобылянским. Эти образцы являются носителями доминантного гена-супрессора *Hl (Ddw 1)* с широким спектром плеiotропии.

Степень плеiotропного действия гена *Hl* в значительной степени определяется генетической средой, в которой он действует [2, 7]. В частности, при скрещивании этих источников короткостебельности с разными сортами у гибридов F_1 может наблюдаться как промежуточное наследование высоты, так и сверхдоминирование. Это в равной степени относится и к продуктивности растения, и к ее элементам.

Ценной особенностью указанных источников короткостебельности является то, что их использование позволяет получить лучший по устойчивости к полеганию материал без ухудшения устойчивости к таким важным абиотическим факторам, как засуха и неблагоприятные условия зимовки. Этим обусловлено довольно широкое использование их в селекции ржи в нашей стране и в настоящее время.

Цель работы – показать эффективность изменения архитектоники растения в селекции озимой ржи и наметить перспективные направления в дальнейших исследованиях.

Материал и методы исследований

Исходным материалом для селекции послужила популяция, созданная путем объединения и последующего свободного переопыления большого (более 20) количества

простых гибридов, полученных от скрещивания длинностебельных сортов с источниками доминантной короткостебельности, и примерно такого же количества потомств короткостебельных растений от неконтролируемого переопыления. Учитывая генетические особенности указанных источников короткостебельности (устойчивости к полеганию), использованием такой популяции можно добиться желаемых результатов быстрее и проще.

В дальнейшем при создании нового материала для селекции использовали разработанные в лаборатории оригинальные способы [14].

Полученные результаты и обсуждение

На основе популяции с широкой генетической основой, созданной с использованием гена доминантной короткостебельности, за короткое время (всего за четыре года) был создан сорт Таловская 12. Он превосходил распространенные в регионе сорта харьковской селекции по устойчивости к полеганию в среднем на 1,21 балла (37,0%) и благодаря этому был лучше сорта-стандарта Харьковская 60 по урожайности в среднем за 8 лет на 17,2%. В отдельные годы, когда наблюдалось сильное полегание, его превышение над стандартом по урожайности достигало 42-68% (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели сорта Таловская 12 в конкурсном испытании в сравнении со стандартом

	Урожайность, т/га			Устойчивость к полеганию, 1-5 баллов		
	Харьковская 60	Таловская 12	отклонение	Харьковская 60	Таловская 12	отклонение
1976	4,10	4,50	0,40	2,85	3,64	0,79
1977	3,73	4,22	0,49	3,35	4,39	1,04
1978	6,54	6,63	0,09	3,30	4,47	1,17
1979	7,42	7,53	0,11	3,57	4,62	1,05
1980	3,77	6,22	2,45	3,08	4,76	1,68
1981	5,50	6,14	0,64	3,92	4,54	0,62
1982	4,69	6,66	1,97	2,58	4,78	2,20
1983	5,69	6,69	1,00	3,54	4,63	1,09
Среднее	5,18	6,07	0,89	3,27	4,48	1,21
в %	100	117,2	17,2	100	137,0	37,0

По результатам государственных испытаний новый сорт был рекомендован для возделывания в 5 областях РСФСР и Эстонской ССР. Потенциал урожайности в этих условиях достиг 7,5 т/га, а в производственных – 6 т/га. В дальнейшем на его основе был создан целый ряд коммерческих сортов.

Для повышения устойчивости селективируемого материала к полеганию, в последующем нами использовались созданные в лаборатории собственные источники устойчивости – прочностебельную популяцию 52 (П-52) и полукарликовую популяцию 57 (П-57). Это позволило существенно улучшить это свойство у сортов последних сроков селекции (табл. 2).

Таблица 2

Устойчивость к полеганию сортов разных сроков селекции, балл

Сорт	Год				Средняя
	2011	2013	2014	2015	
Харьковская 55	3,94	4,21	3,82	2,20	3,54
Таловская 15	4,12	4,92	4,43	2,20	3,92
Таловская 33	4,03	5,00	4,67	2,20	3,98
Таловская 41	4,47	5,00	4,94	3,60	4,50
Таловская 44	4,62	5,00	4,89	3,90	4,60

У сортов ржи традиционного морфотипа основным фотосинтезирующим органом, снабжающим колос метаболитами, является стебель [12]. Поэтому его укорочение отрицательно сказывается на продуктивности колоса. Чтобы сохранить необходимый уровень метаболитов, основными поставщиками их в этом случае должны стать листья, прежде всего. Так как увеличение интенсивности фотосинтеза листьев проблематично [11], можно использовать другие возможности, в частности увеличить площадь фотосинтезирующей поверхности, придав им устойчивость к болезням или увеличить их размеры. Нами были использованы обе возможности. Придание селективируемому материалу устойчивости к болезням, позволило существенно увеличить продуктивность колоса короткостебельных форм (табл. 3).

Исследования, проведенные на модельных популяциях, показали (табл. 4), что по мере снижения высоты растения увеличивается теснота связи массы зерна с колоса с площадью листьев. В длинностебельных популяциях связь массы зерна с колоса с площадью верхних листьев отсутствует и появляется, постепенно усиливаясь, по мере снижения высоты растения.

Таблица 3

Характеристика созданного селекционного материала по устойчивости к болезням и другим важным признакам (1994-1996 гг.)

Изученный материал	Естественный фон			Искусственный инфекционный фон					
	урожайность, т/га	устойчивость к:		поражение:			масса, г		озерненность колоса, %
		полеганию, 1-5 баллов	засухе, 1-5 баллов	ржавчиной, 0,0-3,6 баллов		мучнистой росой, 0,0-3,6 баллов	зерна с 1 колоса	1000 зерен	
				бурой	стеблевой				
Таловская 15	5,0	4,96	3,31	3,15	3,11	0,60	1,09	26,0	65,2
Таловская 29	5,16	4,87	3,33	1,32	1,26	0,40	1,62	33,5	67,5
Новый	5,08	5,00	3,70	1,65	1,52	0,50	1,60	33,7	68,5

Существование такой связи позволяет создавать короткостебельные формы ржи с высокопродуктивным колосом и на их основе получать высокопродуктивные сорта. Такая возможность показана на примере озимой пшеницы [1] и ярового ячменя [13].

Таблица 4

Характеристика модельных популяций, различающихся по высоте растений

Признак	Номер популяции			
	1	2	3	4
Высота, см	129,0 ± 1,8	119,8 ± 1,2	110,4 ± 2,5	107,5 ± 2,1
Масса зерна с колоса, г	2,65 ± 0,08	2,45 ± 0,06	2,68 ± 0,11	2,40 ± 0,10
Площадь 2-х верхних листьев, см ²	30,7 ± 1,1	32,7 ± 1,4	29,5 ± 1,3	29,8 ± 1,1
Площадь флагового листа, см ²	9,5 ± 0,5	10,8 ± 0,6	9,6 ± 0,6	10,0 ± 0,5
Коэффициент корреляции массы зерна с колоса с площадью верхних листьев в популяциях	0,058	0,413	0,501	0,639

Но ни в исходном, ни в коллекционном материалах, крупнолистных форм ржи не существовало, они очень редко, в виде отдельных растений, встречались в некоторых популяциях. Для их выделения использовали специальный способ, разработанный в нашей лаборатории. Из таких единичных растений была сформирована Популяция 54. Она существенно превышала стандарт по площади ассимилирующей поверхности в фазах колошения и налива зерна (табл. 5). Популяции 56 и 57 в период колошения не имели существенных преимуществ по этому показателю над стандартом. Их преимущество было явным в фазе налива зерна.

Таблица 5

**Площадь ассимилирующей поверхности и содержание хлорофилла в листьях
(1998-1999 гг.)**

Популяция	Фаза развития растений			
	колошение		налив зерна	
	площадь, см ²	содержание хлорофилла, мг/г сухого вещества	площадь, см ²	содержание хлорофилла, мг/г сухого вещества
Таловская 15 (стандарт)	59,0 ± 1,7	2,05	17,6 ± 2,3	0,87
Популяция 54	77,7 ± 2,3	1,62	29,5 ± 1,3	1,10
Популяция 56	60,0 ± 1,7	2,48	25,4 ± 1,5	1,19
Популяция 57	62,4 ± 1,8	2,00	37,0 ± 1,3	1,20
НСР _{0,05}		0,26		0,23

По данным В.И. Бабенко, М.Л. Махновской и А.Я. Пушкаренко [1], сорта озимой пшеницы с большой площадью ассимиляционной поверхности более урожайны, особенно в благоприятных условиях, но менее засухоустойчивы. Чтобы устранить этот недостаток нами были созданы крупнолистные формы с эректоидной ориентацией листьев. Как показали результаты исследований, выполненных на модельных растениях, они имеют явные преимущества над другими формами растений, в том числе и над крупнолистными платофиллами (табл. 6). В дальнейшем это было подтверждено при испытании сортов с подобной архитектоникой [14].

Таблица 6

Продуктивность колоса у растений озимой ржи, различающихся по величине и ориентации листьев, г

А Ориентация листьев	В Площадь листа	С Год		Среднее по фактору:	
		2005	2006	А (НСР ₀₅ = 0,16)	В (НСР ₀₅ = 0,16)
Платофиллы	Обычная	2,22	2,33	2,62	2,39
	Увеличенная	2,93	2,98		3,09
Эректоиды	Обычная	2,25	2,74	2,86	
	Увеличенная	3,09	3,37		
Среднее по фактору С (НСР ₀₅ = 0,16)		2,62	2,86		

Поиск перспективных для селекции форм нами был проведен среди принципиально нового селекционного материала, созданного нами. Изучение этого материала в течение трех лет позволило выделить из него наиболее ценные по продуктивности образцы (табл. 7).

Таблица 7

Продуктивность новых морфотипов озимой ржи, 2010-2012 гг.

№ п/п	Название	Масса зерна с делянки 1 м ² , г
1	2	3
1	Саратовская 7 х (Саратовская 6 устойчивая к мучнистой росе)	344,2 ± 47,8
2	<i>Таловская 33 прочностебельная</i>	285,5 ± 62,5
3	<i>ПЭК, группа эректоидов</i>	406,7 ± 53,3
4	<i>ПЭК, группа высокоозернённых</i>	444,8 ± 44,7
5	<i>ПЭК, группа карликов</i>	422,8 ± 59,0
6	<i>Популяция 57, отбор короткостебельных</i>	297,8 ± 24,8
7	Таловская 33, отбор на весеннем посеве в засуху	450,2 ± 58,2
8	Таловская 36, отбор на весеннем посеве в засуху	440,0 ± 57,7
9	<i>Крупнолистные платофиллы</i>	421,7 ± 56,6
10	Крупнолистные эректоиды	374,5 ± 22,6
11	Неэректоиды	399,7 ± 37,4
12	<i>Очень крупнолистные платофиллы</i>	404,8 ± 36,7
13	Эректоиды с Популяции 399 с групповой устойчивостью к патогенам	431,7 ± 57,1
14	Короткостебельные крупнолистные платофиллы	384,5 ± 51,5
15	Крупно- и очень крупнолистные эректоиды	387,0 ± 31,3
16	Короткостебельные крупнолистные эректоиды	361,2 ± 33,8
17	Короткостебельные эректоиды	390,0 ± 27,6
18	<i>Короткостебельные платофиллы</i>	427,5 ± 47,1
19	Платофиллы из популяции 399 с групповой устойчивостью	339,7 ± 13,8
20	<i>Популяция с широким гофрированным листом</i>	312,0 ± 26,6
21	«Идеатип»	338,3 ± 37,0
22	Эректоиды с широким флаговым листом	376,7 ± 47,7
23	<i>Популяция с четко выраженной эректоидностью</i>	262,2 ± 25,0
24	Эректоиды с широким гофрированным листом	350,8 ± 39,3
25	Эректоиды крупно- и широколистные	334,2 ± 54,4
26	<i>Платофиллы крупнолистные</i>	424,0 ± 50,6
27	Таловская 41 (стандарт)	340,2 ± 22,0
НСР ₀₅		89,8

При рассмотрении названий выделившихся образцов видно, что в группе как высокопродуктивных, так и низкопродуктивных встречаются разные по архитектонике. Поэтому представляет интерес установить какое влияние на продуктивность и ее элементы оказывают те или иные особенности строения растений. Для этого нами было изучено 29 вариантов морфологии растения.

Результаты их сравнительного изучения позволят более обоснованно подходить к выбору перспективного направления для дальнейшего совершенствования архитектоники ржаного растения, пригодной для создания сортов с повышенным потенциалом продуктивности и адаптивности.

При группировке сходных между собою морфотипов установлено, что на уровне одиночных растений, а точнее побегов, **короткостебельность** не имеет явных преимуществ относительно отдельно взятых элементов продуктивности. Эти формы имеют более мелкое зерно и менее продуктивный колос. Они отличаются худшей эффективностью работы

листьев, но имеют несколько лучшее значение $K_{хоз.}$ и явно лучшие значения широко используемых в международной селекционной практике селекционных индексов – финно-скандинавского, мексиканского и индекса перспективности.

Формы с эректоидной ориентацией листьев имеют явные преимущества по устойчивости к полеганию, немного лучше по продуктивности колоса, имеют несколько мельче зерно и ниже значение $K_{хоз.}$. Их листовая поверхность работает менее эффективно. Но селекционные индексы у них значительно лучше.

Явным преимуществом обладают **крупнолистные формы**. Они, за счет более крупного зерна, имеют высокопродуктивный колос. Для них характерна высокая устойчивость к полеганию, лучшие значения селекционных индексов, особенно мексиканского, но эффективность использования листовой поверхности у них самая низкая.

Все лучшие особенности указанных форм желательно иметь в одном сорте. Мы попытались их объединить, свободно переопылив источники этих признаков в одной искусственно созданной популяции. В одном варианте основу составила Популяция 56 с эректоидной ориентацией листьев, а во втором – полукарликовая популяция 57. В результате селекционной проработки в первом случае был получен сорт Таловская 41, а во втором – Таловская 44. Потенциал обеих сортов превышает 9,4 т/га. Первый сорт по результатам государственного сортоиспытания был рекомендован для возделывания в пяти регионах страны, а второй – в одном (Средневолжском) регионе.

Расчеты коэффициентов корреляции между урожайностью и ее отдельными элементами у сортов Таловская 15 и Саратовская 5, произрастающих в течение многих лет в разнообразных условиях, показали (табл. 8), что в подавляющем большинстве случаев урожайность достоверно (при $P \geq 0,95$) коррелировала с количеством побегов (особенно продуктивных) на единице площади и массой зерна с одного колоса. Довольно часто она коррелировала и с урожаем надземной массы посева, которая, по существу, является производной указанных выше двух элементов.

Таблица 8

Количество значимых (при $P \geq 0,95$) коэффициентов корреляции урожайности с ее элементами, %

Элемент продуктивности	По сводным данным	По сортам	
		Т -15	С - 5
Количество всходов	13,6	11,6 ± 4,88	17,4 ± 7,90
Доля сохранившихся растений	36,4	37,2 ± 7,37	39,1 ± 10,17
Количество растений	15,2	18,6 ± 5,93	13,0 ± 7,01
Доля продуктивных растений	1,5	2,3 ± 2,29	4,3 ± 4,23
Количество продуктивных растений	43,9	41,9 ± 7,52	43,5 ± 10,34
Общее количество побегов	68,2	69,8 ± 7,00	69,6 ± 9,59
Доля продуктивных побегов	19,7	18,6 ± 5,93	13,0 ± 7,01
Количество продуктивных побегов	86,4	90,7 ± 4,43	78,3 ± 8,00
Количество цветков в колосе	39,4	37,2 ± 7,37	39,1 ± 10,17
Озерненность колоса	30,3	34,9 ± 7,27	21,7 ± 8,60
Количество зерен в колосе	43,9	39,5 ± 7,45	56,5 ± 10,34
Масса зерновки	27,3	23,3 ± 6,45	26,1 ± 9,16
Масса зерна с колоса	59,1	55,8 ± 7,57	52,2 ± 10,42
Продуктивная кустистость	31,8	37,2 ± 7,37	17,4 ± 7,90
$K_{хоз.}$	25,8	23,3 ± 7,45	26,1 ± 9,16
Урожай надземной массы	47,0	53,5 ± 7,61	43,5 ± 10,34

Произведение количества продуктивных побегов и продуктивности побега (массы зерна с одного колоса) определяет уровень урожайности. С переходом селекции озимой ржи на короткостебельную основу существенно увеличилась густота продуктивного стеблестоя:

количество продуктивных побегов у сорта Таловская 15 больше, чем у Харьковской 55 на 16,9% (табл. 9). Увеличение реальной продуктивности колоса было меньше почти в два раза, а потенциальная даже уменьшилась на 4,4%. Но в процессе селекции до последнего времени происходил постепенный стабильный прирост потенциальной продуктивности колоса. По густоте продуктивного стеблестоя подобной закономерности не наблюдалось. Добиться одновременного увеличения как густоты продуктивного стеблестоя, так и продуктивности колоса, вероятно, довольно трудно. Как видно на приведенном ниже рисунке, между этими элементами продуктивности существует явная отрицательная корреляция. При этом между продуктивностью колоса и высотой существует, как указывалось выше, положительная корреляция. При этом между продуктивностью колоса и высотой существует, как указывалось выше, положительная корреляция.

Таблица 9

**Особенности формирования ценоза у сортов разных сроков селекции,
(2011, 2013-2015 гг.)**

Признак	Сорт				
	Х-55	Т-15	Т-33	Т-41	Т-44
Высота растения (длина побега), см	115,2	113,6	110,0	101,3	96,6
Количество растений на 1 м ² , шт.	250,8	280,0	236,2	234,0	305,0
Общее количество побегов на 1 м ² , шт.	550,5	605,0	642,8	619,5	630,8
Количество продуктивных побегов на 1 м², шт.	376,0	439,5	468,5	437,2	446,8
Доля продуктивных побегов, %	67,0	69,2	67,3	65,4	69,2
Масса зерна с колоса, г	<u>1,64*</u> 1,26	<u>1,57</u> 1,37	<u>1,79</u> 1,37	<u>1,93</u> 1,39	<u>1,83</u> 1,37
Удельная ценогическая продуктивность, кг/м³	0,924	1,234	1,226	1,315	1,225
К хоз.	0,44	0,49	0,51	0,50	0,49
Количество зерен на 1 м ² , тыс. шт.	16,4	18,1	19,7	19,4	19,2
Коэффициент устойчивости к полеганию	24,3	25,9	26,6	40,2	34,6

**В числителе приведены потенциальные возможности, в знаменателе – их фактические значения.*

По мере укорочения побега увеличивается напряженность донорно-акцепторных отношений между вегетативной массой и наливающимся зерном. Такие сорта формируют высокий урожай только в благоприятных условиях. В неблагоприятных для роста и развития условиях они, из-за недостаточной обеспеченности колоса вегетативной массой, не могут полностью реализовать чрезмерно возросший потенциал колоса (табл. 10). Для стабильности уровня урожая потенциал продуктивности акцептора (колоса) должен соответствовать потенциальным возможностям побега – донора пластических веществ, необходимых для формирования высокопродуктивного колоса

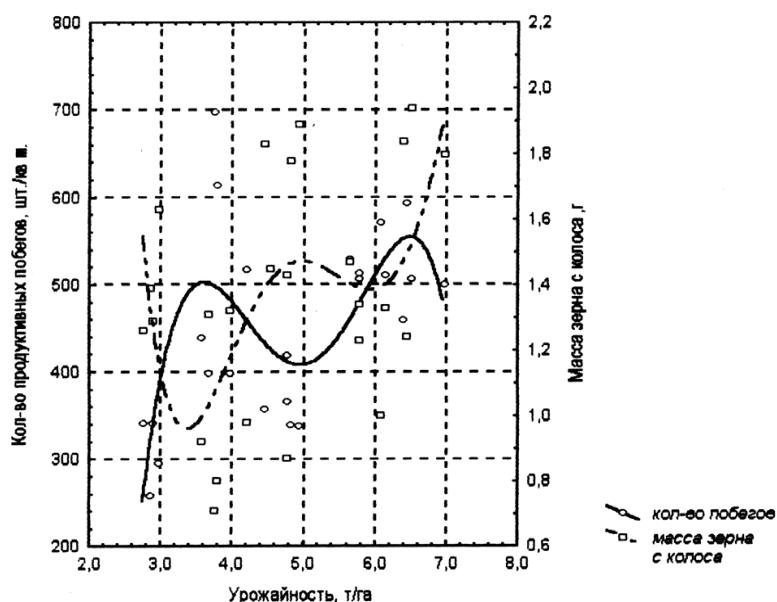


Рис. Изменение количества продуктивных побегов на единицу площади и массы зерна с колоса в зависимости от уровня урожайности

Таблица 10

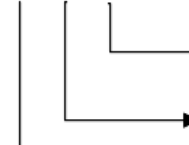
**Особенности продукционного процесса изучавшихся сортов
в неблагоприятных условиях (2014 г.)**

Признак	Сорт				
	X-55	T-15	T-33	T-41	T-44
Масса побега в фазу полного формирования зерна, г	2,01	1,76	1,89	2,03	1,48
Реальная продуктивность, г	0,88	0,83	0,80	0,95	0,93
Потенциальная продуктивность колоса, г	1,46	1,30	1,84	1,76	1,71
Степень реализации потенциала продуктивности колоса, %	60,3	63,9	43,5	54,0	54,4
Коэффициент использования массы побега	43,8	47,2	42,3	45,8	62,8
Коэффициент обеспеченности продуктивности колоса вегетативной массой побега	1,38	1,35	1,03	1,15	0,87

В этих условиях из указанных в таблице 11 вариантов необходимо выбирать компромиссный третий – увеличивать густоту продуктивного стеблестоя и в качестве критерия для отбора использовать урожай надземной биомассы.

Таблица 11

Варианты значений элементов урожайности сорта озимой ржи с урожайностью зерна 10 т/га при $K_{хоз.} = 0,50$

Количество продуктивных побегов на 1 м ² , шт.	Количество зерен в 1 колосе, шт.	Количество зерен на 1 м ² , тыс. шт.						Масса зерна с 1 колоса, г
		33,3	28,9	25,0	22,2	20,0	18,2	
		Масса 1000 зерен, г						
		30	35	40	45	50	55	
400		83	71	62	56	50	45	2,5
550		60	51	45	40	36	33	1,8
700		47	40	35	31	28	25	1,4

Имеющиеся в лаборатории предварительные экспериментальные данные подтверждают реальность этого направления в селекции ржи.

Выводы

Снижение высоты растения, в результате использования в селекции озимой ржи источников короткостебельности, позволило увеличить устойчивость посева к полеганию на 37,0%, а урожайность зерна – на 17,2%.

Сокращение фотосинтезирующей поверхности при переходе селекции ржи на короткостебельный уровень может быть компенсировано созданием сортов, устойчивых к листостебельным болезням, и/или увеличением площади листьев.

Использование форм ржи с эректоидной ориентацией листьев в пространстве, а также полукарликовых форм в практической селекции позволило создать практически значимые сорта, рекомендованные для применения в производстве.

Крупнолистовые формы ржи с эректоидной ориентацией отличаются наиболее продуктивным колосом.

Продуктивность колоса и густота продуктивного стеблестоя являются признаками-антагонистами, они с большим трудом сочетаются в одном сорте. Проще использовать два варианта: сорт, способный формировать густой продуктивный стеблестой с менее продуктивным колосом, и сорт, имеющий мощный побег с высокопродуктивным колосом и менее густым продуктивным стеблестоем. Но в обоих случаях урожайность надземной биомассы и величина К хоз. должны быть максимально возможными.

Литература

1. Бабенко В.И., Махновская М.Л., Пушкаренко А.Я. Морфобиологические особенности формирования урожая пшеницы в условиях юга Украины // С.-х. биология. – 1984. – № 2. – С. 43-48.
2. Белько Н.Б. Фенотипический эффект доминантного гена H1 и влияние генетической среды на его проявление // Сб. научн. трудов института / Белоцерковский с.-х. институт. – 1981. – С. 76-78.
3. Беспалова Л.А. Развитие генофонда как главный фактор третьей зеленой революции в селекции пшеницы // Вестник РАН. – 2015. – Т. 85, № 1. – С. 9-11.
4. Гончарова Ю.К. Генетические основы гетерозиса // Уфа: БашНИИСХ, 2008. – С. 146-156.
5. Зеленев А.Н. Стратегия и тактика современной селекции гороха // Селекция, семеноводство и генетика. – 2015. – № 1. – С. 32-35.
6. Зеленев А.Н., Зеленев А.А. Повышение биоэнергетического потенциала растений – актуальная проблема селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4 (20). – С.9-15.
7. Кедров-Зихман О.О., Шарепов Т.И., Белько Н.Б. Плейотропный эффект доминантного гена карликовости на корреляцию хозяйственно ценных признаков озимой ржи // Генетика продуктивности с.-х. культур. – Минск: Наука и техника, 1978. – С. 27-33.
8. Кондратенко Ф.Т. Селекция озимой ржи на неполегаетость // Селекция и семеноводство. – 1967. – № 2. – С. 48-52.
9. Кондратенко Ф.Т., Гончаренко А.А. Результаты изучения гибридов озимой ржи, полученных с участием мутанта ЕМ-1 // Селекция и семеноводство. – 1974. – № 6. – С. 15-18.
10. Коновалов Ю.Б., Татарина В.В., Хупацария Т.И. Новые морфобиологические показатели для оценки сортов яровой пшеницы // Доклады ВАСХНИЛ. – 1990. – № 12. – С. 2-4.
11. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.
12. Нальборчик Э. Роль различных органов фотосинтеза в формировании урожая хлебных злаков // Вопросы селекции и генетики зерновых культур. – М., – 1983. – С. 224-230.
13. Патуринский А.В., Кумаков В.А. Сравнительное изучение фотосинтетических показателей сортов пшеницы и ячменя разной продуктивности // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1989. – № 3. – С. 31-36.
14. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А. и др. Практическое использование в селекции озимой ржи способов, позволяющих сочетать в сорте высокую урожайность и адаптивность к условиям среды // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 3. – С. 32-34.
15. Фесенко А.Н., Мазалов В.И., Бирюкова О.В. Сравнительный анализ урожайности сортов гречихи разных лет селекции // Земледелие. – 2017. – № 3. – С. 31-34.

References

1. Babenko V.I., Makhnovskaya M.L., Pushkarenko A.Ya. Morfobiologicheskie osobennosti formirovaniia urozhaiia pshenitsy v us-loviiakh iuga Ukrainy [Morphophysiological features of the formation of wheat yield in the conditions of the south of Ukraine]. *Sel'skokhoziaistvennaia biologia*. 1984. no 2. pp. 43-48.

2. Bel'ko N.B. Fenotipicheskii effekt dominantnogo gena Hl i vliianie geneticheskoi sredy na ego proiavlenie [Phenotypic effect of the dominant Hl gene and the influence of the genetic environment on its manifestation] *Sb. nauchn. trudov instituta. Belotserkovskii sel'skokhoziaistvennyi institut*. 1981. pp. 76-78.
3. Bepalova L.A. Razvitie genofonda kak glavnyi faktor tret'ei zelenoi revoliutsii v selektsii pshenitsy [The development of the gene pool as the main factor of the third green revolution in wheat breeding]. *Vestnik RAN*. 2015. T. 85, no 1. pp. 9-11.
4. Goncharova I.U.K. Geneticheskie osnovy geterozisa [Genetic bases of heterosis] Ufa: BashNIISKH, 2008. pp. 146-156.
5. Zelenov A.N. Strategii i taktika sovremennoi selektsii gorokha [Strategy and tactics of modern pea breeding]. *Selektsiia, semenovodstvo i genetika*. 2015. no 1. pp. 32-35.
6. Zelenov A.N., Zelenov A.A. Povyshenie bioenergeticheskogo potentsiala rastenii – aktual'naia problema selektsii gorokha [Increasing the bioenergetic potential of plants is an urgent problem of pea breeding]. *Zernobobove i krupiane kul'tury*. 2016. no 4 (20). pp.9-15.
7. Kedrov-Zikhman O.O., Sharepo T.I., Bel'ko N.B. Pleiotropnyi effekt dominantnogo gena karlikovosti na korreliatsiiu khoziaistvenno tsennyykh priznakov ozhimoi rzhi [Pleiotropic effect of the dominant gene of dwarfism on the correlation of economically valuable traits of winter rye]. *Genetika produktivnosti s.-kh. kul'tur*. Minsk: Nauka i tekhnika, 1978. pp. 27-33.
8. Kondratenko F.T. Selektsiia ozimoi rzhi na nepolegaemost' [Breeding of winter rye for non-burning]. *Selektsiia i semenovodstvo*. 1967.– no 2.– pp. 48-52.
9. Kondratenko F.T., Goncharenko A.A. Rezul'taty izucheniia gibridov ozimoi rzhi, poluchennykh s uchastiem mutanta EM-1 [The results of studying winter rye hybrids obtained with the participation of the EM-1 mutant]. *Selektsiia i semenovodstvo*. 1974. no 6. pp. 15-18.
10. Konovalov Iu.B., Tatarina V.V., Khupatsariya T.I. Novye morfofiziologicheskie pokazateli dlia otsenki sortov iarovoi pshenitsy [New morphophysiological indicators for assessing spring wheat varieties]. *Doklady VASKHNIL*. 1990. no 12. pp. 2-4.
11. Kumakov V.A. Fiziologicheskoe obosnovanie modelei sortov pshenitsy [Physiological substantiation of models of wheat varieties]. Moskva: Agropromizdat, 1985. 270 p.
12. Nal'borchik E. Rol' razlichnykh organov fotosinteza v formirovanii urozhaiia khlebnnykh zlakov [The role of various organs of photosynthesis in the formation of grain crops]. *Voprosy selektsii i genetiki zernovykh kul'tur*. M., – 1983. pp. 224-230.
13. Paturinskii A.V., Kumakov V.A. Sravnitel'noe izuchenie fotosinteticheskikh pokazatelei sortov pshenitsy i iachmenia raznoi produktivnosti [Comparative study of photosynthetic indicators of wheat and barley varieties of different productivity]. *Sib. vestn. s.-kh. nauki*. 1989. no 3. pp. 31-36.
14. Torop A.A., Chaikin V.V., Torop E.A. et al. Prakticheskoe ispol'zovanie v selektsii ozimoi rzhi sposobov, pozvoliaiushchikh sochetat' v sorte vysokuiu urozhainost' i adaptivnost' k usloviiam sredy [Practical use in breeding winter rye of methods that allow combining high yield and adaptability to environmental conditions in the variety]. *Dostizheniia nauki i tekhn. APK*. 2020. no 3. pp. 32-34.
15. Fesenko A.N., Mazalov V.I., Biryukova O.V. Sravnitel'nyi analiz urozhainosti sortov grechikhi raznykh let selektsii [Comparative analysis of the yield of buckwheat varieties of different years of selection]. *Zemledelie*. 2017. no 3. pp. 31-34.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОРТОВ И ЛИНИЙ ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРУПЫ

А.Д. КАБАШОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

А.С. МАРКОВА, научный сотрудник

М.А. КУЗЬМИЧ, доктор сельскохозяйственных наук

Н.М. ВЛАСЕНКО, С.Е. МИХАЛИН, кандидаты сельскохозяйственных наук

Л.С. КУЗЬМИЧ, кандидат биологических наук

Л.Г. РАЗУМОВСКАЯ, З.В. ФИЛОНЕНКО, Я.Г. ЛЕЙБОВИЧ, О.П. КОНДРАТЬЕВА

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

*Проведен анализ показателей качества зерна сортов и линий голозерного овса за 2015-2020 г. по содержанию белка и натуре. При искусственной инокуляции грибом *Fusarium culmorum* голозерные линии овса накапливали токсинов меньше, чем пленчатые. Установлено, что голозерные линии превосходят стандарт (пленчатый овес Яков) по натуре и содержанию белка. Выход крупы из зерна голозерного овса после шлифования на голлендере «Сатаке» с абразивными камнями составил от 71 до 95%, что в 1,5 -2,0 раза выше, чем из пленчатого овса. Качество каши из зерна голозерных линий в целом не уступает пленчатым овсам, а по вкусовым показателям выше.*

Ключевые слова: голозерный овес, выход крупы, кулинарные свойства крупы

PROSPECTS FOR THE USE OF VARIETIES AND LINES OF NAKED OATS FOR THE PRODUCTION OF GROATS

A.D. Kabashov, A.S. Markova, M.A. Kuz'mich, N.M. Vlasenko, S.E. Mikhailin,

L.S. Kuz'mich, L.G. Razumovskaya, Z.V. Filonenko, Ya.G. Leibovich,

O.P. Kondrat'eva

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *The analysis of grain quality indicators of varieties and lines of naked oats for 2015-2020 in terms of protein content and grain unit. Under artificial inoculation with the fungus *Fusarium culmorum*, naked oat lines accumulated less toxins than filmy ones. It has been established that naked lines are superior to the standard (Yakov filmy oats) in grain unit and in protein content. The groats yield from the grain of naked oats after grinding on the "Satake" hollander with abrasive stones was from 71 to 95%, which is 1.5-2.0 times higher than that from hulled oats. The quality of porridge made from grain of naked lines is generally not inferior to hulled oats, and in terms of taste it is higher.*

Keywords: naked oats, groats yield, culinary properties of groats.

Введение

Последние годы во всем мире отмечается устойчивое сокращение площадей и валовых сборов овса, что объясняется уменьшением доли этой культуры в производстве кормов. В тоже время, возросло его потребление на продовольственные цели благодаря ценным диетическим свойствам. Использование пленчатого овса для производства продуктов питания сопряжено с шелушением, т. е., удалением цветочных пленок, доля которых в кондиционном зерне доходит до 37% от массы зерна. В этом процессе около 9% ядра, в среднем, разрушается и отходит в кормовую дробленку. На следующем этапе, ядро шлифуется для удаления остатка цветочных пленок и волосков. Этот процесс сопровождается переходом еще до 8% ядра в мучку кормовую. Удаление волосков обязательно, т.к. по составу они близки к цветочной пленке, состоят в основном из

целлюлозы и снижают усвояемость и вкусовые качества крупы. В итоге, выход готовой продукции составляет 45%, реже 50% от массы зерна [1]. Появление в производстве голозерных овсов, обладающих низкой пленчатостью, дает основание рассчитывать на сокращение непродуктивных затрат и повысить рентабельность производства.

Цель исследований - охарактеризовать сорта и линии голозерного овса конкурсного сортоиспытания по натуре зерна, содержанию белка и крупяным свойствам.

Материалы и методы исследований

Первый сорт голозерного овса был включен в Госреестр селекционных достижений в 2000 году, а к 2020 году их уже 16, что свидетельствует об интенсивном развитии селекции этой культуры. В Федеральном исследовательском центре «Немчиновка» селекцией голозерного овса начали заниматься с 2004 года [2, 3]. По мере накопления линий, имеющих селекционную ценность, число их в КСИ увеличилось с 3 до 14 за период с 2015 по 2020 годы. Одна из линий успешно прошла Государственное испытание и допущена к использованию по 2, 3 и 5 регионам под названием Немчиновский 61. Другая линия, под названием Азиль, выведенная с участием коллег из Ульяновского НИИСХ, проходит в настоящий момент Государственное испытание. В настоящее время в конкурсном сортоиспытании находится около 20 линий голозерного овса. Массовую долю белка определяли на ИК-анализаторе SpectraStar 2400, крупяные свойства по методике [4].

Результаты и их обсуждение

Для всех зерновых продуктов, используемых на продовольственные или кормовые цели, регламентируется содержание микотоксинов, которые образуются в процессе выращивания или хранения зерна. Грибы рода Фузариум, Альтернариум, Пенициллиум и т.д. инфицируют зерно, после чего оно и загрязняется в дальнейшем токсинами – продуктами вторичного метаболизма грибов. Наиболее опасны из них и одновременно широко распространены ДОН (дезоксинивалинол) и Т-2. ПДК токсина ДОН – 0,5 мг/кг, токсина Т-2 – 0,1 мг/кг. Токсины ДОН и Т-2 продуцируют грибы рода *Fusarium*. Гриб развивается на стеблях, листьях, метелках и зерновках. Относительно устойчивы к загрязнению сорта овса с коротким вегетационным периодом, с длинной устойчивой к полеганию соломиной. Установлено, что голозерные овсы загрязняются токсинами меньше, чем пленчатые [5]. В 2015 году в лаборатории микологии и фитопатологии имени А.А. Ячевского ВИЗР изучали 16 сортов и линий пленчатого и голозерного овса Немчиновской селекции при искусственной инокуляции грибом *Fusarium culmorum* [6]. Полученные результаты свидетельствуют о значительной дифференциации сортов овса по степени загрязнения. Самой чистой оказалась голозерная линия 61h2364 – будущий сорт Немчиновский 61, накопившая токсина 16 мкг/кг, самой загрязненной – пленчатая линия 36h2411, накопившая 685 мкг/кг. В сравнении с линией 36h2411 будущий сорт Азиль накапливал токсина ДОН в 3,9 раза, а будущий сорт Немчиновский 61 в 43 раза меньше, чем пленчатые овсы. Зерно голозерных и пленчатых сортов и линий, выращенное в естественных условиях 2019 года проверили на содержание токсинов ДОН и Т-2. Наименьшее количество грибов *F. langsethiae* и *F. sporotrichioides* и их метаболитов обнаружено в трех линиях голозерного овса – 66h2618, 54h2476 и 70h2613. Механизм повышенной устойчивости голозерных форм овса к накоплению микотоксинов пока не установлен. Известно, что при повышении влажности и температуры воздуха, распространение микотоксинов возрастает. Так как для производства детского питания применение пестицидов при выращивании овса запрещается, то полученное преимущество голозерного овса позволяет рекомендовать его возделывание для этой цели. Ввиду немногочисленности полученных результатов и актуальности проблемы, исследования в этом направлении следует продолжить.

В кондиционном зерне регламентируется доля ядра, влажность, натура, сорная примесь, наличие живых и мертвых вредителей, зерновую примесь и кислотность (ГОСТ 28673-2019). Торговля зерном овса во всем мире привязана к натуре, которая не отражает энергетическую и пищевую ценность. Существует зависимость между натурой зерна и его выполненностью, соответственно между отношением оболочек зерна и эндоспермом. Чем

выше натура зерна, тем больше, как правило, выход продукции – крупы, муки и т.д. Натура зерна овса для 1 класса должна быть не менее 550 г/дм³, 2 класса – 540 г/дм³, а 3 класса – 520 г/дм³. За годы исследований овес пленчатый Яков (стандарт) отвечал требованиям 1 класса в 2015 году, требованиям второго класса в 2017 году, и третьего класса в 2020 г. (табл. 1). Три года из шести натура у сорта Яков была ниже требований 3 класса. Голозерные линии во все годы эксперимента обеспечивали получение кондиционного зерна с высокой натурой, что свидетельствует о значительном превосходстве их перед пленчатым стандартом. Наивысшая натура зерна была у линии 52h2467 – 650 г/дм³.

Таблица 1

Натура зерна в КСИ за 2015-2020 годы, г/дм³, (после подработки)

Линия, сорт	2015	2016	2017	2018	2019	2020	отклон. среднее	отнош. к ст. ¹ отнош. к ст. ² %
St Яков ¹	566	504	547	509	503	520	<u>22-41</u> 525	<u>100</u> 89
Немчин. 61	599	597	557	624	531	581	<u>42-51</u> 582	<u>111</u> 99
Вятский st ²		569	578	602	600	603	<u>13-21</u> 590	<u>112</u> 100
Азиль	585	607	580	635	554	592	<u>38-43</u> 592	<u>113</u> 100
2h2348	620	617	582	585	603	579	<u>19-22</u> 598	<u>114</u> 101
16h2476	-	581	588	613	576	605	<u>17-20</u> 593	<u>113</u> 101
54h2476	-	-	563	624	607	602	<u>25-36</u> 599	<u>114</u> 102
2h2532	-	-	608	645	610	623	<u>14-23</u> 622	<u>118</u> 105
52h2467	-	-	-	667	646	637	<u>13-17</u> 650	<u>124</u> 110
50h2613	-	-	-	618	601	593	<u>11-14</u> 604	<u>115</u> 102
70h2613	-	-	-	656	644	631	<u>12-13</u> 644	<u>123</u> 109
66h2618	-	-	-	-	592	575	<u>8-9</u> 584	<u>111</u> 99
55h2618	-	-	-	-	-	573	573	<u>109</u> 97
4h2708	-	-	-	-	-	624	624	<u>119</u> 106
16h2771	-	-	-	-	-	610	610	<u>116</u> 103
15h2657	-	-	-	-	-	584	584	<u>111</u> 99
В средн.	593	579	575	616	589	596	598	

Натура зерна подвержена значительным изменениям в зависимости от зоны выращивания, технологии возделывания и сортовых особенностей. Наиболее благоприятны для получения урожаев овса с высокими показателями натуры Северный, Северо-Западный, Волго-Вятский регионы, а также условия Западной и Восточной Сибири. Поэтому заводы по

производству крупы размещались в основном также в этих регионах. В регионах 3, 5, 6, 7, 8 и 9 урожаи зерна овса с высокой натурой можно получать эпизодически при достаточном количестве выпавших осадков, ранних сроках посева, подкормках азотными удобрениями, использовании сортов с хорошим наливом зерна. Однако возделывание овса в рекомендованных регионах имеет и обратную сторону. Известно, что при продвижении зерновых культур с юга на север и с востока на запад отмечается снижение массовой доли белка в зерне на 3-4% и более, увеличивается доля крахмала, а у овса увеличивается и содержание растительного масла, что усложняет производство крупы.

Массовая доля белка в продовольственном зерне овса не нормируется, однако существует его дефицит в питании человека и животных. Поэтому, селекционная работа по овсу ведется с учетом этого важнейшего показателя. Количество белка у сорта Яков изменялось в пределах 8,5%-13,5% и составляла в среднем 11,1%, размах варьирования 5,0% (табл. 2). У голозерных линий содержание белка в среднем было выше и составляло 12,5% при размахе варьирования 7,2%. Лучшими по этому показателю были сорт Немчиновский 61, линии 2h2348 и 16h2476, массовая доля белка соответственно 13,1 и 13,2%. Голозерные линии превосходили стандарт Яков по количеству белка почти на 2,0 %, и стабильность этого показателя была выше.

Таблица 2

Массовая доля белка, %

Линия, сорт	2015	2017	2018	2019	2020	Среднее
St Яков	10,4	10,1	13,1	13,5	8,5	11,1
Немчин. 61	13,0	11,6	15,3	14,0	11,5	13,1
Вятский st	-	-	13,8	13,4	11,6	12,9
Азиль	13,1	11,6	14,7	14,3	10,9	12,9
2h2348	12,9	11,3	16,2	14,8	10,7	13,2
16h2476	-	11,2	16,2	14,9	10,4	13,2
54h2476	-	10,6	13,5	12,6	9,4	11,5
2h2532	-	11,5	14,2	14,2	11,9	13,0
52h2467	-	9,5	14,2	12,9	11,0	11,9
50h2613	-	9,0	13,6	12,8	11,0	11,6
70h2613	-	10,7	14,0	13,9	11,3	12,5
66h2618	-	-	-	13,7	11,0	12,4
55h2618	-	-	-	-	10,2	10,2
4h2708	-	-	-	-	11,0	11,0
16h2771	-	-	-	-	11,4	11,4
15h2657	-	-	-	-	11,1	11,1
В среднем	12,4	10,7	14,4	13,8	10,8	12,1

Преимущество голозерных овсов над пленчатыми по устойчивости к патогенам, массовой доле белка и натуре наиболее целесообразно реализовать при производстве пищевых продуктов. Для получения крупы из голозерных овсов зерно в течение одной минуты обработали на голлендре «Сатаке» с абразивными валками в соответствии с методикой [6]. За неимением шелушилки, зерно пленчатых сортов Яков и Лев подшелушивали на молотилке Пауль-Политейт с последующей переборкой вышелушенных семян. Опушение с зерновок удаляли на голлендре «Сатаке».

Выход крупы после шлифования на голлендре представлен в таблице 3. Полученные результаты показали значительные различия между сортами и линиями овса. Поскольку все образцы шлифовали одинаковое время, то различия в выходе крупы можно объяснить неоднородностью фракционного состава зерна или различной твердозерностью. Наименьший выход крупы превысил 71%, что является недостижимым для пленчатых овсов.

Наивысший показатель был у линии 50h2613 – около 90 %. По литературным данным, использование более щадящих средств для шлифования ядра овса, например, войлочных кругов, позволяет снизить потери при шлифовании до 2,5-5,0%, а выход крупы увеличить соответственно до 95-97,5% [8]. В производственных условиях выход крупы из пленчатых овсов, как правило, не превышает 50%.

Для приготовления каши к 20 г крупы добавили 50 мл воды и варили на водяной бане в течение 70 минут, в соответствии с методикой [4]. Овсяные каши обычно имеют вязкую или полувязкую консистенцию. Каши из голозерного овса, также как и из пленчатого зерна, в этом плане ничем не отличались (табл. 3). Цвет каши был кремовым или коричневым, что также соответствует наиболее распространенным оттенкам. Коэффициент разваримости овсяных каш был ниже, чем перловой крупы, но выше, чем из кукурузной. По вариантам опыта никаких различий не установлено.

Вкус каши оценивают по пятибалльной шкале. Наивысшую оценку дают пробе, которая обладает ярко выраженным вкусом и ароматом, без посторонних привкусов и ароматов. Все голозерные линии, за исключением сорта Азиль, обладали вкусом каши превосходящим сорт Яков. Наиболее высоким баллом обладали каши из крупы линий 54h2476, 52h2467 и 4h2708. С учетом выхода крупы и качества полученной каши для пищевых целей наиболее подходящей является линия голозерного овса 70h2613.

Таблица 3

Оценка крупяных свойств зерна овса

Линия, сорт	Выход крупы, %	Консистенция каши	Цвет каши	Коэф-т разваримости	Вкус в баллах
St Яков ¹	84,6	полувязкая	кремов. с кор.	3,5	3,0
Немчин. 61	79,6	вязкая	кремовая	3,5	4,0
Вятский st ²	72,2	вязкая	кремовая	3,7	3,0
Азиль	81,6	вязкая	кремовая	3,5	3,0
2h2348	76,9	полувязкая	светло-кремовая	3,6	4,0
16h2476	80,6	полувязкая	светло-кремовая	3,6	4,0
54h2476	80,4	вязкая	светло-кор. с кор	3,5	4,5
2h2532	71,0	полувязкая	светло-кремовая	3,5	4,0
52h2467	80,6	вязкая	кремовая	3,5	4,5
50h2613	88,8	полувязкая	светло-кремовая	3,7	4,0
70h2613	89,6	полувязкая	светло-кремовая	3,6	4,5
66h2618	88,8	вязкая	кремов. с кор.	3,5	4,0
55h2618	77,2	вязкая	кремов. с кор.	3,5	4,5
4h2708	86,6	вязкая	светло-кремовая	3,7	4,5
16h2771	71,2	вязкая	светло-кремовая	3,6	4,5
15h2657	79,2	вязкая	кремовая	3,6	4,0
В среднем	80,6				

На сегодняшний день урожайность голозерных овсов пока уступает пленчатым овсам. В 2016-2020 годах в ФИЦ «Немчиновка» изучалось влияние абиотических стрессов, вызванных засухой и переувлажнением на урожайность голозерных сортов и линий в конкурсном сортоиспытании. Изучение структуры урожая показало, что под действием засухи, переувлажнения и недостаточного количества элементов пищи голозерные овсы страдают от череззерницы и только 2-3 из семи цветков в колоске формируют к уборке семена. Таким образом, число зерен у голозерных и пленчатых сортов уравнивается, но семена голозерных уступают пленчатым по массе 1000 зерен в среднем на 8 граммов. В этом кроется основная причина более низкой урожайности голозерных овсов.

В лаборатории сортовых технологий разработаны технологические решения, позволяющие минимизировать риски получения низких урожаев голозерного овса

Немчиновский 61 от действия абиотических стрессов [9]. Возделывая Немчиновский 61 по интенсивной и высокоинтенсивной технологиям в те же годы были получены урожаи от 6,1 до 7,7 т/га.

Заключение

Таким образом, выращивание голозерного овса показало преимущества перед пленчатым овсом по устойчивости к патогенам, накоплению микотоксинов, натуре зерна, и массовой доле белка. Выход крупы из голозерного овса в лабораторных условиях составил 71-90%, что существенно выше, чем из пленчатых овсов. Каши из крупы голозерного овса в целом не уступают аналогичным продуктам из пленчатого овса по вязкости, цвету и разваримости, но превосходят их по запаху и вкусу.

Литература

1. Оценка качества зерна. Справочник / Составители: И.И. Василенко, В.И. Комаров. -Агропромиздат, – 1987. –208 с.
2. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. ВПНО «Зернопродукты». – М., – 1990. – 81 с.
3. Кабашов А.Д., Колупаева А.С., Разумовская Л.Г., Я.Г.Лейбович, Филоненко З.В. Голозерный овес Немчиновский 61 - новое направление в селекции МосНИИСХ «Немчиновка» // Современная аграрная наука как фактор повышения эффективности сельскохозяйственного производства региона. Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией В.Н. Мазурова. – 2018. – С. 26-30.
4. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. /Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур под общ. ред. М.А. Федина, – М., 1983. – 121 с.
5. Варгач Ю.И., Головин С.Е., Лоскутов И.Г. Изучение микромицетов на овсе посевном (*Avena sativa* L.) в условиях Ступинского района Московской области / Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции – 2019 – Т.180, – № 3 – С. 95-101
6. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Маркова А.С., Кабашов А.Д., Лоскутов И.Г. Микобиота зерна селекционных линий овса ФИЦ "Немчиновка" конкурсного сортоиспытания на полях в Московской области в 2019 году / Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 2. – С. 134-144.
7. Магуров П.Ф. и др. Исходный материал в селекции голозерного овса // Проблемы селекции и технологии возделывания зерновых культур. Материалы научной конференции. Новоивановское – 2008 - С.228-234
- 8.Марьин В.А., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Использование войлочных кругов при шлифовании ядра овса. ISSN 2074-9414. Food Processing: Techniques and Technology. – 2014 – № 4. – Р. 28-30
9. Воронов С.И., Политыко П.М., Капранов В.Н., Гармаш Н.Ю., Киселев Е.Ф., Матюта С.В., Кабашов А.Д., Тонян С.В., Парыгина М.Н., Гармаш Г.А., Посметный Р.С. Продуктивность и качество зерна сортов овса селекции Московского НИИСХ "Немчиновка" при разных технологиях возделывания // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 5. – С. 7-10.

References

1. Vasilenko I.I., Komarov V.I. Otsenka kachestva zerna. Spravochnik [Grain quality assessment. Handbook]. Agropromizdat, 1987, 208 p. (In Russian)
2. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na krupyanykh predpriyatiyakh [Rules for the organization and conduct of the technological process at cereal enterprises]. VPNO «Zernoprodukty», Moscow, 1990, 81 p. (In Russian)
3. Kabashov A.D., Kolupaeva A.S., Razumovskaya L.G., Ya.G.Leibovich, Filonenko Z.V. Golozernyi oves Nemchinovskii 61 - novoe napravlenie v selektsii MosNIISKh «Nemchinovka» [Naked oats Nemchinovsky 61 - a new direction in the breeding of MosNIISH "Nemchinovka"]. V sbornike: Sovremennaya agrarnaya nauka kak faktor povysheniya effektivnosti sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva regiona. Sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Pod redaktsiei V.N. Mazurova [In the collection: Modern agricultural science as a factor in increasing the efficiency of agricultural production in the region. Collection of scientific papers based on the materials of the scientific-practical conference with international participation. Edited by V.N. Mazurov]. 2018, pp. 26-30. (In Russian)
4. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Tekhnologicheskaya otsenka zernovykh, krupyanykh i zernobobovykh kul'tur pod obshch. red. M.A. Fedina [Methodology for State Variety Testing of Agricultural Crops. Technological assessment of cereals, groat and leguminous crops, ed. M.A. Fedin], Moscow, 1983, 121 p. (In Russian)
5. Vargach Yu.I., Golovin S.E., Loskutov I.G. Izuchenie mikromitsetov na ovse posevnom (*Avena sativa* L.) v usloviyakh Stupinskogo raiona Moskovskoi oblasti [Study of micromycetes on oats (*Avena sativa* L.) in the conditions of the Stupinsky district of the Moscow region]. Trudy po prikladnoi botanike, genetiki i selektsii [Works on applied botany, genetics and breeding]. 2019,180, no.3, pp. 95-101 (In Russian)
6. Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Markova A.S., Kabashov A.D., Loskutov I.G. Mikobiota zerna selektsionnykh linii ovsa FITs "Nemchinovka" konkursnogo sortoispytaniya na polyakh v Moskovskoi oblasti v 2019

- godu [Mycobiota of grain of oat breeding lines of Federal Research Center "Nemchinovka" of competitive variety testing in the fields in the Moscow region in 2019]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii [Works on applied botany, genetics and breeding]*. 2020, 181, no.2, pp. 134-144. (In Russian)
7. Magurov P.F. et al. Iskhodnyi material v selektsii голозерного овса. Materialy nauchnoi konferentsii. Problemy selektsii i tekhnologii vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur [The starting material for breeding naked oats. Materials of the scientific conference. Problems of breeding and technology of cultivation of grain crops]. Novoivanovskoe, 2008, pp. 228-234 (In Russian)
8. Mar'in V.A., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Ispol'zovanie voilochnykh krugov pri shlifovanii yadra ovsa [Using felt discs when grinding oat kernels]. ISSN 2074-9414. Food Processing: Techniques and Technology. 2014, no. 4, pp. 28-30
9. Voronov S.I., Polityko P.M., Kapranov V.N., Garmash N.Yu., Kiselev E.F., Matyuta S.V., Kabashov A.D., Tonoyan S.V., Parygina M.N., Garmash G.A., Posmetnyi R.S. Produktivnost' i kachestvo zerna sortov ovsa selektsii Moskovskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skogo khozyaistva "Nemchinovka" pri raznykh tekhnologiyakh vozdel'yvaniya [Productivity and grain quality of oat varieties of the Moscow Scientific Research Institute of Agriculture "Nemchinovka" with different cultivation technologies]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*, 2017, no. 5, pp. 7-10. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-41-49

УДК635.655.581.1

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СОРТОВ СОИ СЕВЕРНОГО ЭКОТИПА, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

Е.В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук,

ORCID. 0000-0002-7012-8267.

E-mail: kat782010@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Фотосинтез, в процессе которого образуются органические соединения, определяет продуктивность растений. Структурная организация фотосинтетического аппарата способна к саморегуляции и адаптивным перестройкам в соответствии с меняющимися условиями внешней среды. Цель наших исследований состояла в изучении особенностей формирования фотосинтетического аппарата сортов сои северного экотипа в контрастных погодных условиях ЦЧР.

В 2017-2019 гг. изучены сорта сои Зуша, Красивая Меча, Ланцетная, Мезенка, Свапа, Осмонь, Шатиловская 17, линии Л-216 и Л-85 селекции ФГБНУ ФНЦ ЗБК. В многолетних исследованиях (2005-2012 гг. и 2017-2019 гг.) испытаны сорта Ланцетная, Свапа и с 2009 г. Красивая Меча. В фазы бутонизации и налива бобов осуществлялись учет надземной массы, расчет площади листьев, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, в полную спелость – урожай зерно.

В умеренные годы (ГТК 1,3-1,4) фотосинтетическая система сои работает наиболее продуктивно, развивая ассимиляционную поверхность до 90 тыс. м²/га с укороченным периодом функционирования, что способствует оптимальному распределению пластических веществ между вегетативными и генеративными органами и формированию высокой зерновой продуктивности (2,5 т/га). Во влажные годы увеличивается длина и масса стебля, что отрицательно сказывается на урожае зерна (2,1 т/га). В засушливые годы фотосинтетический аппарат сои обеспечивает получение урожая зерна 1,8 т/га. Таким образом, в контрастных по влагообеспеченности и температурному режиму погодных условиях листовой аппарат сортов сои, реализуя способность к саморегуляции, способствует формированию зерновой продуктивности на уровне 1,8-2,5 т/га.

Линия Л-85, отличающаяся высокими значениями фотосинтетических показателей, сформировала максимальную урожайность сухого вещества 12,3 т/га и зерна 2,8 т/га в среднем за 3 года. Установлена положительная корреляция на среднем и высоком уровне в засушливые годы – между урожаем зерна и площадью листьев и ФП; во все годы исследований – между урожаем надземной массы и площадью листьев и ФП.

Ключевые слова: соя, фотосинтетическая деятельность, погодные условия, продуктивность.

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF NORTHERN ECOTYPE SOYBEAN VARIETIES CULTIVATED UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

E.V. Golovina, ORCID. 0000-0002-7012-8267.

E-mail: kat782010@mail.ru

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *Photosynthesis, during which organic compounds are formed, determines the productivity of plants. Structural organization of photosynthetic apparatus is capable of self-regulation and adaptive rearrangements in accordance with changing environmental conditions.*

The purpose of our research was to study the peculiarities of formation of photosynthetic apparatus of soybean varieties of the northern ecotype in contrasting weather conditions of Central Black Earth Region.

In 2017-2019 studied soybean varieties Zusha, Krasivaya Mecha, Lantsetnaya, Mezenka, Svapa, Osmon', Shatilovskaya 17, lines L-216 and L-85 bred by Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops. In long-term studies (2005-2012 and 2017-2019), the varieties Lantsetnaya, Svapa and, since 2009, Krasivaya Mecha have been tested. In the phases of budding and filling of beans, the aboveground weight was counted, the leaf area, photosynthetic potential, net productivity of photosynthesis were calculated, in full ripeness - the grain yield.

In temperate years (hydrothermal coefficient 1.3-1.4) the soybean photosynthetic system works most productively, developing an assimilation surface up to 90 thousand m²/ha with a shortened period of functioning, which contributes to the optimal distribution of plastic substances between vegetative and generative organs and the formation of high grain productivity (2.5 t/ha). In wet years, the length and weight of the stem increases, which negatively affects the grain yield (2.1 t/ha). In dry years, the soybean photosynthetic apparatus provides a grain yield of 1.8 t/ha. Thus, in contrasting weather conditions in terms of moisture availability and temperature, the leaf apparatus of soybean varieties, realizing the ability to self-regulation, contributes to the formation of grain productivity at the level of 1.8-2.5 t/ha.

Line L-85, characterized by high values of photosynthetic indicators (PI), formed the maximum yield of dry matter 12.3 t/ha and grain 2.8 t/ha on average over 3 years. There is a positive correlation on average and high levels in dry years - between the grain harvest and the leaf area and PI; In all years of research - between the harvest of the above-ground mass and the area of leaves and PI.

Keywords: soybeans, photosynthetic activity, weather conditions, productivity.

Введение

К числу биологических процессов, имеющих глобальное влияние на гео- и биосферу, относится фотосинтез. Площадь листьев характеризует фотосинтетическую деятельность растений. Это динамичный признак, непрерывно меняющийся в ходе вегетации растений, оптимальная величина ее является решающим фактором урожайности растений [1]. Размеры фотосинтетического аппарата в совокупности с эффективным использованием продуктов фотосинтеза определяют фотосинтетическую продуктивность отдельных растений и фитоценозов в целом [2]. Оптимальный размер листовой поверхности в ценозе варьирует в пределах 3-5 м²/м² посева [3, 4]. Повышение площади листьев до 6,0 м²/м² приводит к снижению интенсивности фотосинтеза, однако при этом повышается эффективность фотосинтеза и поглощение ФАР единицей посева. Селекция на увеличение площади листьев при достижении определенного оптимального уровня становится нецелесообразной [5].

Современные представления об основных принципах и путях повышения урожайности сельскохозяйственных растений базируются на теории фотосинтетической продуктивности. В нашей стране ее разработкой занимались А.А. Ничипорович, Х.Г. Тооминг, М.И. Зеленский, А.Т. Мокроносов, А.Л. Курсанов, и др. В основе продуктивности лежит фотосинтез как накопитель энергии и первоисточник органических субстратов. Оптимизация регулируемых факторов фотосинтетической деятельности позволяет влиять на продукционный процесс в целом, на размер и качество урожая. Продукционный процесс является сложной и интегрированной функцией растений, основу которой составляют генетически детерминированные процессы роста и морфогенеза. Их субстратное и энергетическое обеспечение определяется метаболической активностью клетки, ткани, органа, организма, т.е. в продукционном процессе участвуют механизмы всех уровней организации.

Фотосинтез и структурная организация фотосинтетического аппарата обладают присущими любым биологическим системам фундаментальными свойствами – способностью к самонастраиванию, саморегуляции и к адаптивным перестройкам в

соответствии с внутренними потребностями организма и меняющимися условиями внешней среды [6].

Способность фотосинтетической системы адаптироваться к меняющимся условиям освещенности, влагообеспеченности, температуры, наличия в почве макро- и микроэлементов, густоты посева, согласуясь с энергетикой, ростом и морфогенезом растительного организма, определяет продуктивность фитоценоза.

Возделывание сои в ЦЧР в производственных масштабах обусловлено созданием сортов северного экотипа, с нейтральной реакцией на фотопериод, адаптированных к климатическим условиям региона [7, 8, 9, 10]. Нами впервые проведены многолетние обобщающие исследования фотосинтетической деятельности новых сортов сои, которые включались в опыты по мере их появления.

Цель исследований состояла в изучении особенностей формирования фотосинтетического аппарата сортов сои северного экотипа в контрастных погодных условиях в связи с продуктивностью.

Материалы и методы исследований

В 2017-2019 гг. в полевых условиях изучены сорта сои Зуша, Красивая Меча, Ланцетная, Мезенка, Свапа, Осмонь, Шатиловская 17, линии Л-216 и Л-85 селекции ФНЦ ЗБК. В многолетних исследованиях (2005-2012 гг. и 2017-2019 гг.) испытаны сорта Ланцетная, Свапа и с 2009 г. Красивая Меча. Семена сои обрабатывали перед посевом штаммом ризобий 6346. Норма высева 600 тыс. всхожих семян/га, площадь делянки 9,4 м², повторность 4-кратная, расположение делянок рендомизированное. Отбор проб для анализа проводился в фазы бутонизации и налива бобов; осуществлялись учет надземной массы, расчет площади листьев, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза [11].

Годы исследований различались по погодным условиям (табл. 1). 2017 год характеризовался температурой ниже среднеемноголетней на 2-3°C и повышенным увлажнением в период всходы-бутонизация, когда количество осадков превышало среднеемноголетние на 60%, ГТК = 1,9. Погодные условия 2018 г. и 2019 г. отличались отклонениями от нормы значений температуры и влажности в течение вегетации. В 2018-2019 гг. во время цветения температура была выше нормы на 3-4°C, осадков выпало 30% нормы. В 2018 г. фазы начало плодообразования и налив бобов протекали в благоприятных условиях для сои: температура выше нормы на 3-4°C, влагообеспеченность достаточная. 2018 год в целом теплый, слабо засушливый: сумма эффективных температур за вегетационный период превышает среднеемноголетнюю на 352°C, ГТК = 1,1. В 2019 г. в период плодообразования отмечался недостаток тепла, а в налив бобов – избыток влаги, что отрицательно сказалось на формировании плодов. 2019 год достаточно влагообеспеченный, ГТК = 1,7. Погодные условия 2005-2012 гг. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Агрометеорологические условия, г. Орел

Показатели	Месяцы					$\Sigma t \geq 10^\circ\text{C}$	ГТК= $\frac{\Sigma_{\text{осадков}} \times 10}{\Sigma_{\text{эффект. tt}}}$
	май	июнь	июль	август	сентябрь		
Средняя температура воздуха за месяц, °C						1844,3	1,7
Средняя многолетняя	13,8	16,8	18,0	17,0	11,7		
2005 г.	16,1	16,0	19,3	18,8	14,8		
2006 г.	13,1	18,5	18,1	18,6	13,1		
2007 г.	16,5	18,6	19,2	21,4	13,0		
2008 г.	12,9	16,5	19,5	17,2	13,0		
2009 г.	13,7	18,8	19,8	16,5	15,2		
2010 г.	17,2	21,0	25,4	24,0	13,7		
2011 г.	15,6	19,4	22,1	18,3	12,6	1952,2	2,0

Продолжение табл.1							
2012 г.	16,8	17,6	21,3	18,8	13,8	1922,0	1,4
2017 г.	12,6	15,8	18,1	19,9	13,7	1929,1	1,9
2018 г.	17,0	18,0	20,4	19,8	16,0	2121,3	1,0
2019 г.	16,1	20,7	17,3	17,2	12,8	1927,1	1,7
Количество осадков за месяц, мм						Σосадков, мм	
Среднее многолетнее	51,0	73,0	81,0	63,0	67,0		
2005 г.	38,9	107,9	72,9	4,8	15,5	304,1	
2006 г.	41,5	156,2	55,6	151,9	59,2	427,4	
2007 г.	24,4	38,0	63,4	19,4	62,5	224,4	
2008 г.	30,9	54,6	131,0	33,9	43,8	334,4	
2009 г.	36,9	82,0	56,3	28,9	39,9	231,1	
2010 г.	43,8	31,9	19,8	25,3	62,7	146,2	
2011 г.	27,2	64,5	143,7	126,8	40,1	393,8	
2012 г.	15,9	93,6	59,5	70,5	27,3	276,0	
2017 г.	54,0	59,8	142,2	87,2	16,0	366,0	
2018 г.	31,9	16,1	109,0	16,5	41,5	239,9	
2019 г.	105,9	37,6	85,9	37,8	43,9	334,6	

Результаты исследований

По данным многолетних исследований у сортов Красивая Меча, Ланцетная, Свапа в засушливые годы (ГТК 0,6-1,2) в налив бобов площадь листьев в среднем составила 36 тыс. м²/га, в умеренные годы (ГТК 1,3-1,4) – 90 тыс. м²/га, во влажные годы (ГТК 1,7-2,5) – 62,6 тыс. м²/га (рис. 1). В годы с высокой влагообеспеченностью развитие стебля более интенсивное, чем в умеренные и засушливые: длина стебля выше на 17-19 см, сухая масса стебля – на 1,3-1,5 г/растение. В умеренные годы ассимиляционные потоки в большей степени направлены на развитие фотосинтетической поверхности.

Максимальный ФП 1342 тыс. м² х сут./га за период бутонизация – налив бобов отмечен во влажные годы (рис. 2). В связи с сокращением в засушливые годы площади листьев, а в засушливые и умеренные годы – продолжительности фаз развития и соответственно времени функционирования фотосинтезирующей поверхности на 4-5 суток, ФП в этих условиях ниже на 15%.

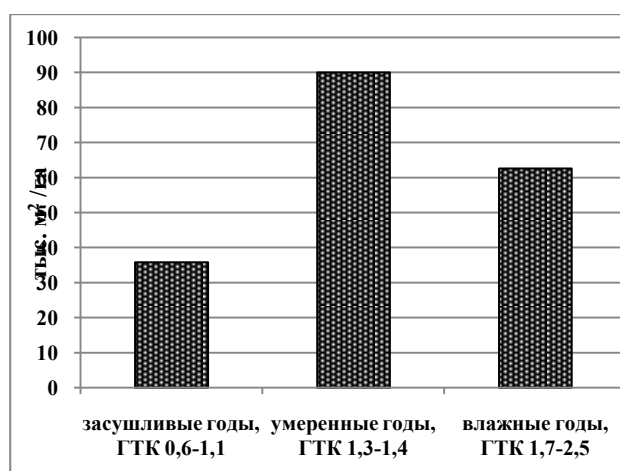


Рис. 1. Площадь листьев сортов сои Ланцетная, Свапа и Красивая Меча, налив бобов

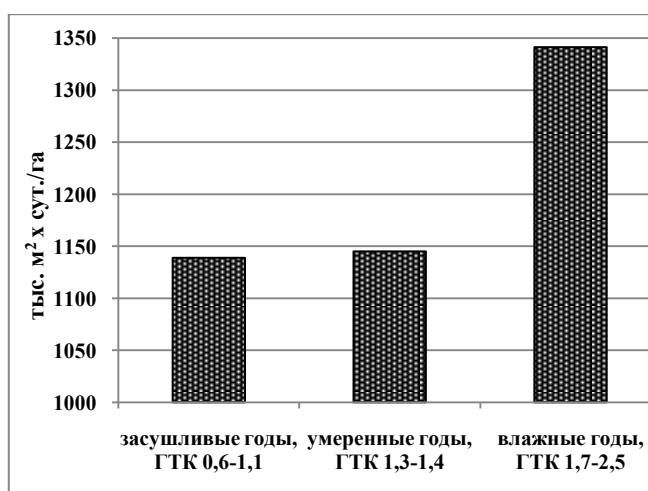


Рис.2. Фотосинтетический потенциал сортов сои Ланцетная, Свапа и Красивая Меча, бутонизация – налив бобов

Фотосинтезирующая система наиболее продуктивно работала в умеренные годы. ЧПФ в этих условиях составила $5,2 \text{ г/м}^2 \times \text{сут.}$, во влажные годы – $5,1 \text{ г/м}^2 \times \text{сут.}$, в засушливые – $4,1 \text{ г/м}^2 \times \text{сут.}$ (рис. 3).

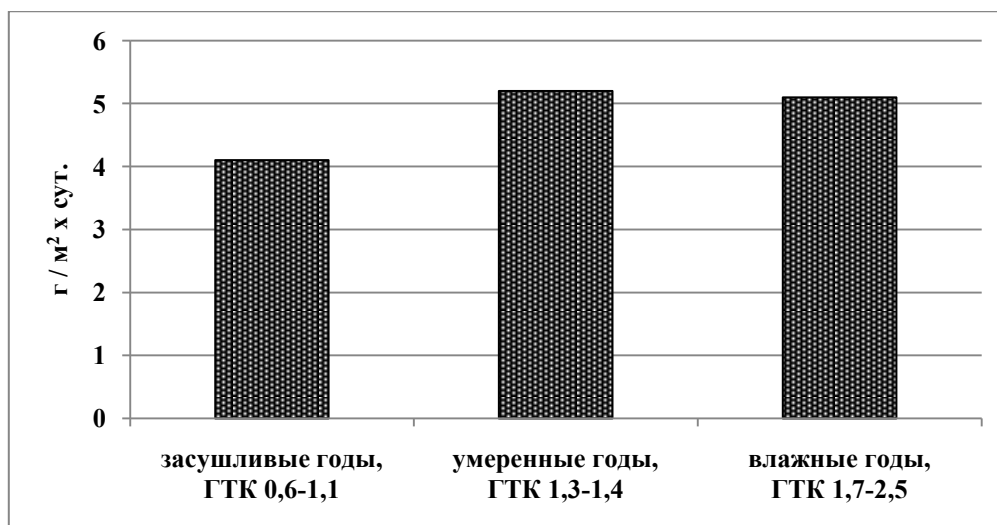


Рис. 3. Чистая продуктивность фотосинтеза сортов сои Ланцетная, Свапа и Красивая Меча, налив бобов

Урожай надземной массы во влажные годы равен в среднем $10,2 \text{ т/га}$, что на 22-26% выше, чем в умеренные и засушливые годы (рис. 4). В умеренные годы зерновая продуктивность выше, чем во влажных и засушливых условиях на 16% и 28% соответственно и достигает $2,5 \text{ т/га}$ (в засушливые годы – $1,8 \text{ т/га}$; во влажные – $2,1 \text{ т/га}$) (рис. 5).

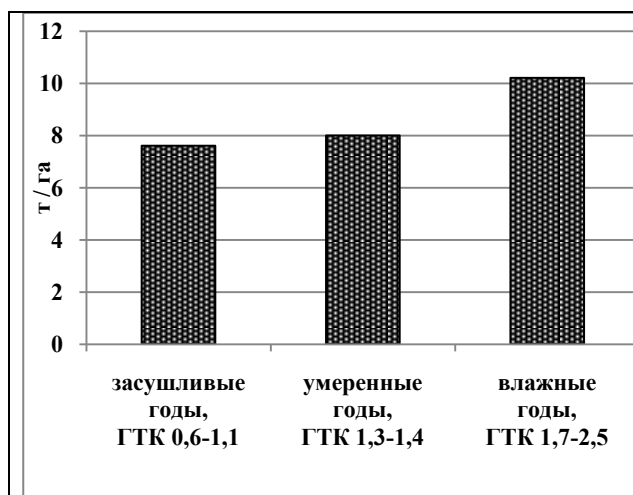


Рис. 4. Урожай сухой надземной массы сортов сои Ланцетная, Свапа и Красивая Меча

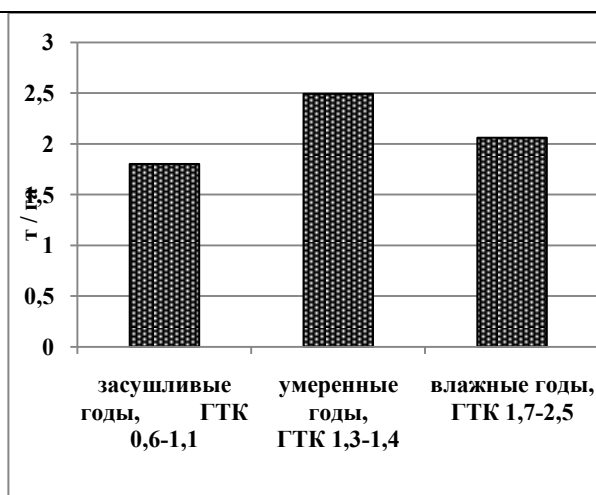


Рис. 5. Урожай зерна сортов сои Ланцетная, Свапа и Красивая Меча

Таким образом, в умеренные годы соя развивает значительную фотосинтетическую поверхность листьев (до 90 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), период работы которой на 4-5 суток короче, чем во влажные годы, что позволяет оптимально распределять пластические вещества между вегетативными и генеративными органами и формировать высокую зерновую продуктивность. Во влажные годы увеличивается высота и масса стебля, что отрицательно сказывается на урожае зерна.

В засушливые годы установлена корреляционная зависимость между урожаем зерна и площадью листьев на уровне $r=0,649-0,873$, между урожаем зерна и ФП – на уровне $r=0,657-0,682$. Практически во все годы исследований между урожаем надземной массы и площадью листьев и ФП наблюдалась взаимосвязь на среднем и высоком уровне $r=0,550-0,971$.

В 2017-2019 гг. в опыт по изучению фотосинтетической деятельности включены новые сорта и линии сои Зуша, Мезенка, Осмонь, Шатиловская 17, Л-216, Л-85.

Посев представляет собой оптическую систему, в которой листья в процессе фотосинтеза усваивают энергию солнечной радиации в области ФАР (380-720 нм). В начальные фазы развития, когда ассимиляционная поверхность мала, значительная часть ФАР не используется. С увеличением площади листьев возрастает и поглощение ими энергии солнца. Когда индекс листовой поверхности составляет 5-6, т.е. площадь листьев в посеве равна 50-60 тыс. м²/га, поглощение ФАР листьями посева максимально [3, 12]. В 2019 г. в фазу бутонизации погодные условия для развития ассимиляционной поверхности листьев были оптимальными: площадь листьев составила в среднем по сортам 19,8 тыс. м²/га, в 2018 г – 15,2 тыс. м²/га, в 2017 г. – 13,8 тыс. м²/га (табл. 2). В налив бобов из-за недостатка тепла этот показатель ниже в среднем на 48% по сравнению с 2017-2018 гг. У линии Л-85 в среднем за три года по сравнению с другими сортами максимальная площадь листьев 85,4 тыс. м²/га, у Красивой Мечи – минимальная 35,4 тыс. м²/га.

В налив бобов отмечен высокий уровень изменчивости площади листьев в 2018 и 2019 гг., коэффициент вариации равен 45% и 52% соответственно.

Таблица 2

Площадь листьев сортов сои, тыс. м²/га

Сорт	Бутонизация				Налив бобов			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$
Зуша	17,0	16,1	26,5	19,9	60,8	39,5	32,1	44,1
Крас. Меча	11,8	12,1	19,5	14,4	44,7	32,0	29,5	35,4
Ланцетная	14,6	18,7	21,7	18,3	53,8	58,7	32,8	48,4
Мезенка	12,7	16,8	19,5	16,3	64,1	69,4	25,1	52,9
Осмонь	12,4	11,8	20,8	15,0	51,1	44,2	32,0	42,4
Свапа	16,9	15,2	14,7	15,6	39,0	53,3	48,0	46,8
Шатиловская 17	16,8	15,5	18,9	17,1	40,3	43,7	86,6	56,9
Л-216	10,4	16,8	14,3	13,8	41,4	59,6	17,0	39,3
Л-85	12,2	13,6	22,3	16,0	86,7	120,3	49,1	85,4
$\bar{x}$	13,9	15,2	19,8		53,5	57,9	39,1	
CV, %	18%	15%	19%		29%	45%	52%	

Фотосинтетическая продуктивность определяется не только величиной ассимиляционной поверхности, но и длительностью ее функционирования. Фотосинтетический потенциал (ФП) представляет собой сумму величин площади листьев за каждые сутки периода.

ФП от бутонизации до налива бобов в 2019 г. составляет 1031,2 тыс. м² х сут./га, что ниже двух предыдущих лет на 24% (табл. 3). В 2017 и 2018 гг. значения ФП на одном уровне 1278,1-128,07 тыс. м² х сут./га. В среднем за 3 года ФП изменяется от 899,8 тыс. м² х сут./га у Красивой Мечи до 1823,8 тыс. м² х сут./га у линии Л-85.

Чистая продуктивность (ЧПФ) характеризует интенсивность фотосинтеза и измеряется количеством сухой массы растения в г, которое синтезирует 1 м² ассимиляционной поверхности за сутки. В 2018 и 2019 гг. ЧПФ в среднем по сортам составила 5,6 г/м² х сут. и 5,0 г/м² х сут. В 2019 г. ЧПФ самая низкая за годы исследований 3,4 г/м² х сут. В среднем за три года максимальная ЧПФ у линии Л-85 5,3 г/м² х сут. и у Красивой Мечи и Мезенки 5,1 г/м² х сут.

Таблица 3

Фотосинтетический потенциал (бутионизация – налив бобов) и чистая продуктивность фотосинтеза сортов сои

Сорт	ФП, тыс. м ² х сут./га				ЧПФ, г/м ² х сут.			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$
Зуша	1479,7	972,3	1025,3	1159,1	5,5	5,6	1,9	4,3
Крас. Меча	1071,8	771,1	856,6	899,8	6,2	5,6	3,6	5,1
Ланцетная	1298,7	1355,9	953,2	1202,6	5,0	3,3	3,0	3,8
Мезенка	1458,8	1509,6	780,3	1249,6	7,1	4,8	3,4	5,1
Осмонь	1206,5	980,2	924,5	1037,1	5,4	4,7	3,3	4,5
Свапа	1062,5	1198,8	1097,1	1119,5	5,0	5,5	4,0	4,8
Шатиловская17	1085,3	1036,9	1846,4	1322,9	4,1	4,3	5,1	4,5
Л-216	984,6	1335,3	547,1	955,7	5,6	4,4	2,4	4,1
Л-85	1878,0	2343,1	1250,4	1823,8	6,3	6,3	3,4	5,3
$\bar{x}$	1280,7	1278,1	1031,2		5,6	4,9	3,4	
CV, %	22%	36%	35%		16%	18%	27%	

Наиболее производительно фотосинтезирующая система работала во влажном и теплом 2017 г.: в среднем по сортам урожай сухой надземной массы максимальный за 3 года 8,2 т/га; в слабо засушливом 2018 г. – 7,9 т/га. Количество сухого вещества в неблагоприятном 2019 г. составило 7,1 т/га, что ниже, чем в 2017-2018 гг. на 11-15% (табл. 4). Максимальный урожай сухого вещества в среднем за три года – у линии Л-85 12,3 т/га. Зерновая продуктивность в 2019 г. колебалась от 1,3 т/га у Л-216 до 2,7 т/га у Л-85. Наибольший урожай зерна в среднем за 3 года у Л-85 2,8 т/га.

В слабо засушливом 2018 г. распределение пластических веществ от вегетативных органов к генеративным наиболее сбалансированное: урожай зерна в среднем по сортам выше, чем в 2017 и 2019 гг. на 30,3% и 45,5% соответственно. Урожай зерна в среднем за 3 года колебался от 2,2 т/га у Л-216 до 2,8 т/га у Л-85.

Таблица 4

Урожай сухой надземной массы и зерна сортов сои

Сорт	Сухая надземная масса, т/га				Зерно, т/га			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$
Зуша	9,2	6,4	5,5	7,0	1,9	3,2	1,9	2,3
Крас. Меча	7,4	5,1	7,5	6,7	2,8	2,7	2,0	2,5
Ланцетная	7,4	10,2	6,3	8,0	2,7	3,1	1,8	2,5
Мезенка	11,2	8,4	5,6	8,4	2,2	3,7	1,5	2,5
Осмонь	7,3	5,4	6,7	6,5	2,5	3,3	1,6	2,5
Свапа	6,4	7,6	7,7	7,2	2,4	3,1	1,9	2,5
Шатиловская	5,7	5,4	13,1	8,1	2,1	3,5	1,8	2,5
Л-216	6,2	7,0	3,2	5,5	2,0	3,4	1,3	2,2
Л-85	12,7	15,7	8,5	12,3	2,1	3,7	2,7	2,8
$\bar{x}$	8,2	7,9	7,1		2,3	3,3	1,8	
НСР ₀₅	2,389	1,745	1,950		0,389	0,320	0,568	
CV, %	14,0	9,0	21,0		14%	10%	21%	

Заключение

В умеренные годы (ГТК 1,3-1,4) фотосинтетическая система сои работает наиболее продуктивно, развивая ассимиляционную поверхность до 90 тыс. м²/га с укороченным периодом функционирования, что способствует оптимальному распределению пластических веществ между вегетативными и генеративными органами и формированию высокой зерновой продуктивности (2,5 т/га). Во влажные годы увеличивается высота и масса стебля,

что отрицательно сказывается на урожае зерна (2,1 т/га). В засушливые годы фотосинтетический аппарат сои обеспечивает получение урожая зерна 1,8 т/га. Таким образом, в контрастных по влагообеспеченности и температурному режиму погодных условиях листовой аппарат сортов сои, реализуя способность к саморегуляции, позволяет растениям формировать зерновую продуктивность на уровне 1,8-2,5 т/га.

Линия Л-85, отличающаяся высокими значениями фотосинтетических показателей, сформировала максимальную урожайность сухого вещества 12,3 т/га и зерна 2,8 т/га в среднем за 3 года. В засушливые годы установлена корреляционная зависимость между урожаем зерна и площадью листьев на уровне $r=0,649-0,873$, между урожаем зерна и ФП – на уровне $r=0,657-0,682$. Во все годы исследований между урожаем надземной массы и площадью листьев и ФП наблюдалась взаимосвязь на среднем и высоком уровне $r=0,550-0,971$.

Литература

1. Nicholas J. Tomeo, David M. Rosenthal. Variable Mesophyll Conductance among Soybean Cultivars Sets a Tradeoff between Photosynthesis and Water-Use-Efficiency // *Plant Physiology*, 2017. – V. 174. – Is. 1. – P. 241–257.
2. Alexandrina Stirbet, Dušan Lazár, Ya Guo, Govindjee Govindjee. Photosynthesis: basics, history and modelling // *Annals of Botany*, 2019. – V. 126. – Is. 4. – P. 511–537.
3. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // Физиология фотосинтеза. М.: «Наука», – 1982. – С. 7-33.
4. Тооминг Х.Г. Оптимизация фотосинтетической деятельности на ценотическом уровне // Фотосинтез и продукционный процесс. М.: Наука, 1988. – С. 164-176.
5. Зеленский М.И. Фотосинтетические характеристики важнейших сельскохозяйственных культур и перспективы их селекционного использования / М.И. Зеленский // Физиологические основы селекции растений (Теоретические основы селекции). - СПб.: изд-во ВИР, – 1995. – Т. 2 – С. 466-554.
6. Семененко В.Е. Механизмы эндогенной регуляции фотосинтеза и адаптивные свойства хлоропласта // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, – 1982. – С. 164-187.
7. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ. - Орел: Картуш, – 2019. – С. 28-40.
8. Бельшикина М.Е., Кобозева Т.П., Гуреева Е.В. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода // Аграрный научный журнал, – 2020. – № 9. – С. 4-9.
9. Зотиков В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2020 – № 3 (35). – С. 12-19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179
10. Задорин А.М., Зеленов А.А., Мордвина М.В. Достижения селекции Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур в аспекте роста соевого производства в России // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2019 г. – № 2 (30). – С. 53-56. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11088
11. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами 2010 / под ред. В.М. Лукомца. – Краснодар, – 327 с.
12. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. – М.: Колос, – 1985. – 270 с.

References

1. Nicholas J. Tomeo, David M. Rosenthal. Variable Mesophyll Conductance among Soybean Cultivars Sets a Tradeoff between Photosynthesis and Water-Use-Efficiency. *Plant Physiology*, 2017. - V. 174. - Is. 1. - Pp. 241-257.
2. Alexandrina Stirbet, Dušan Lazár, Ya Guo, Govindjee Govindjee. Photosynthesis: basics, history and modeling. *Annals of Botany*, 2019. - V. 126. - Is. 4. - P. 511-537.
3. Nichiporovich A.A. Fiziologiya fotosinteza i produktivnost' rastenii. Fiziologiya fotosinteza [Physiology of photosynthesis and plant productivity. Physiology of photosynthesis]. Moscow, «*Nauka*», 1982, pp. 7-33. (In Russian)
4. Tooming Kh.G. Optimizatsiya fotosinteticheskoi deyatelnosti na tsenoticheskom urovne. Fotosintez i produktsionnyi protsess [Optimization of photosynthetic activity at the cenotic level. Photosynthesis and production process]. Moscow, *Nauka*, 1988, pp. 164-176. (In Russian)
5. Zelenskii M.I. Fotosinteticheskie kharakteristiki vazhneishikh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i perspektivy ikh selektsionnogo ispol'zovaniya. Fiziologicheskie osnovy selektsii rastenii (Teoreticheskie osnovy selektsii) [Photosynthetic characteristics of the most important agricultural crops and the prospects for their breeding use. Physiological foundations of plant breeding (Theoretical foundations of breeding)], St. Petersburg, *VIR*, 1995, V.2, pp. 466-554. (In Russian)
6. Semenenko V.E. Mekhanizmy endogennoi regulatsii fotosinteza i adaptivnye svoistva khloroplasta. Fiziologiya fotosinteza [Mechanisms of endogenous regulation of photosynthesis and adaptive properties of chloroplast. Physiology of photosynthesis]. Moscow, *Nauka*, 1982, pp. 164-187. (In Russian)

7. Golovina E.V., Zotikov V.I. Produktsionnyi protsess i adaptivnye reaktsii k abioticheskim faktoram sortov soi severnogo ekotipa v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona RF [Production process and adaptive responses to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype under the conditions of the Central Black Earth Region of the Russian Federation]. Orel: *Kartush*, 2019, pp. 28-40. (In Russian)
8. Belyshkina M.E., Kobozeva T.P., Gureeva E.V. Rost i razvitie sortov soi severnogo ekotipa v zavisimosti ot vliyaniya limitiruyushchikh faktorov vegetatsionnogo perioda [Growth and development of northern ecotype soybean varieties depending on the influence of limiting factors of the growing season]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2020, no.9, pp. 4-9. (In Russian)
9. Zotikov V.I. Otechestvennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur [Domestic breeding of leguminous and groat crops]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 3 (35), pp. 12-19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179 (In Russian)
10. Zadorin A.M., Zelenov A.A., Mordvina M.V. Dostizheniya selektsii federal'nogo nauchnogo tsentra zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v aspekte rosta soevogo proizvodstva v Rossii [Achievements in breeding of the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops in the Aspect of the Growth of Soybean Production in Russia]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 2 (30), pp. 53-56. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11088 (In Russian)
11. Lukomets V.M., ed. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami [Methodology for conducting field agrotechnical experiments with oilseeds], 2010, Krasnodar, 327 p. (In Russian)
12. Kumakov V.A. Fiziologicheskoe obosnovanie modelei sortov pshenitsy [Physiological substantiation of models of wheat varieties]. 1985, Moscow, Kolos, 270 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-50-61

УДК 519.25:631.527

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОШИБКИ И КАК ИХ ИЗБЕГАЮТ, ИЛИ О КОРРЕКТНОМ АНАЛИЗЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ В СЕЛЕКЦИИ

А.А. СИНЮШИН, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-4008-9460,
E-mail: asinjushin@mail.ru

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

*Все этапы селекционной работы предполагают получение и обработку количественных данных. Корректный статистический анализ позволяет делать адекватные выводы и сопоставлять результаты, полученные разными исследователями. При анализе публикаций в журнале «Зернобобовые и крупяные культуры» выявлены некоторые ошибки, наиболее часто встречающиеся при анализе количественных данных. Среди них использование параметрических методов (коэффициента корреляции Пирсона, *t*-критерия Стьюдента) без предварительной оценки характера распределения исследуемых признаков; неудачный выбор показателя центра распределения (среднее арифметическое вместо медианы); оперирование средними значениями без указания величины разброса; приведение результатов статистического анализа без оценки достоверности и некоторые другие. Отдельные процедуры анализа проиллюстрированы на примере собственных данных, полученных при описании коллекции гороха посевного. Предложен алгоритм, который может позволить снизить риск некорректного использования статистических приемов.*

Ключевые слова: анализ данных, корреляция, признак, распределение, статистика.

STATISTICAL ERRORS AND HOW TO AVOID THEM, OR NOTES ON CORRECT ANALYSIS OF QUANTITATIVE DATA IN BREEDING

A.A. Sinjushin, ORCID ID: 0000-0003-4008-9460, e-mail: asinjushin@mail.ru
FACULTY OF BIOLOGY, LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY, MOSCOW,
RUSSIA

Abstract: *All stages of breeding process involve acquisition and processing of quantitative data. The correct statistical analysis provides a possibility to draw adequate conclusions and make results of different researches comparable. When analyzing papers published in 'Zernobobovye i Krupyanye Kul'tury' ('Legumes and Groat Crops'), we found several frequent errors in statistical analysis. Among them, one may list use of parametric methods (such as Pearson's correlation coefficient or Student's *t*-test) without preliminary evaluation of distribution of variables, ineffective choice of 'most typical' value (mean instead of median), use of means without illustrating the amount of variation, demonstrating the results of statistical analysis without estimates of their statistical significance etc. Some of analytical procedures were exemplified by own data from phenotyping of germplasm collection of a garden pea. An algorithm was also proposed which may reduce the risk of incorrect use of statistical methods.*

Keywords: correlation, data analysis, distribution, statistics, trait.

Введение

Селекционная работа на всех этапах связана с получением и анализом количественных данных. Чтобы избежать необоснованных и субъективных оценок при работе с подобными данными, требуется прибегать к статистической обработке. Хотя основные статистические методы едины для различных областей знания, применительно к биологии в целом, генетике

и селекции существует определенная специфика, некогда отразившаяся в появлении термина «биометрия», – вероятно, все менее популярного в этом значении.

По мере самостоятельного освоения статистических методов любой исследователь сталкивается с двумя неочевидными обстоятельствами. Первое – набор статистических подходов во многом конвенционален, является предметом договоренности, а зачастую и традиции или вкуса. В отдельно взятой лаборатории для анализа корреляции могут пользоваться одним из нескольких возможных тестов – по сути, просто привычным. Даже в учебных пособиях по статистике встречаются суждения вида «принято считать» или «обычно используют». Это, однако, не означает, что все подходы взаимозаменяемы.

Второе – как ни парадоксально, на статистические методы тоже есть своя «мода». Так, традиционно во многих работах в качестве основного показателя значимости (достоверности) используют уровень значимости (p -value). Если выясняется, что различия двух массивов данных достоверны на 5%-ном уровне значимости ($p < 0,05$), это обычно считают признаком надёжности полученных результатов. Однако в течение нескольких последних лет использование p -value в качестве показателя «достоверности» всё чаще подвергается критике [1]. Таким образом, у статистических методов тоже есть своя динамика и эволюция.

При знакомстве с публикациями в отечественных научных и научно-производственных журналах, тематика которых включает генетику, селекцию и семеноводство, обращают на себя внимание некоторые наиболее распространенные ошибки в использовании статистических методов. Основная цель настоящей статьи – проанализировать эти ошибки и сформулировать рекомендации для корректного анализа.

Главным источником сведений о биометрии для многих поколений отечественных селекционеров остается классический труд Б.А. Доспехова «Методика полевого опыта» [2], выдержавший несколько переизданий. Спустя десятилетия после создания «Методики» сама процедура статистического анализа данных совершенно изменилась. Исчезла необходимость в кропотливых многостадийных расчетах вручную. Появились компьютерные программы, выполняющие сотни видов анализа (например, IBM SPSS, STATISTICA и многие другие). Несмотря на кажущуюся простоту машинной обработки результатов эксперимента, вопрос применимости тех или иных методов не стал менее существенным; возможно, напротив, оказался острее, потому что существенно расширился выбор из множества на первый взгляд сходных приемов.

В дополнение к «Методике» существует множество русскоязычных пособий по статистике – например, [3]. Существуют публикации, посвященные именно распространенным ошибкам в анализе данных. Источником вдохновения для настоящей работы послужила хорошо известная работа Тома Ланга, в которой рассмотрены статистические ошибки в медицинских публикациях [4]. К написанию данной статьи автора побудили многолетняя собственная работа, многократные эпизоды рецензирования рукописей и квалификационных работ, а также – необходимо признаться – опыт совершения некоторых из перечисленных ниже ошибок.

Материал и методы исследований

В качестве модельных данных использованы собственные описания сортов и линий гороха (*Pisum sativum* L.) из коллекции кафедры генетики МГУ имени М.В.Ломоносова. Растения выращивали на опытном участке на территории Звенигородской биостанции МГУ (Московская область) в однорядном посеве. Подсчет числа семян в бобе производили при обмолоте. Массу семян определяли, взвешивая пять выборок по 10 семян на электронных весах Pioneer RA64 (Ohaus). Полученные значения умножали на 100 и таким образом получали традиционно используемый показатель «масса 1000 семян». Статистическую обработку данных выполняли с помощью программ Microsoft Excel 2016 (Microsoft Inc.) и STATISTICA 12 (StatSoft Inc.).

Для ознакомления с наиболее часто используемыми в селекционной работе методами были просмотрены статьи из журнала «Зернобобовые и крупяные культуры»,

опубликованные в 2020 г. Всего проанализированы 69 публикаций, в том или ином виде включающих анализ количественных данных.

Результаты и их обсуждение

Первичные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты описания сортов и линий гороха по признакам продуктивности

Сорт/линия	Семян в бобе ¹ , шт.	Масса 1000 семян ² , г	
		2015 г.	2017 г.
Виола	6; 6; 6; 6; 6; 6; 6; 6; 6; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 8; 8; 8; 8	154,2; 154,7; 162,2; 163,2; 172,1	–
Батрак	2; 2; 3; 3; 3; 4; 4; 4; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 6; 6; 6	218,1; 220,0; 220,1; 229,9; 231,0	193,6; 199,0; 200,4; 202,8; 206,4
Орел	2; 2; 3; 3; 3; 4; 4; 4; 4; 4; 5; 5; 6; 6; 6; 6; 7; 7; 7; 7	228,0; 252,2; 254,4; 255,5; 271,3	224,4; 234,4; 238,2; 239,0; 257,8
Совершенство 65-3	4; 4; 4; 5; 5; 5; 5; 5; 6; 6; 6; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7	216,0; 218,0; 220,6; 227,2; 230,1	180,4; 205,4; 220,2; 227,1; 232,9
Анвенд	4; 5; 5; 5; 6; 6; 6; 7; 7; 7; 7; 7; 8; 8; 8; 8; 8; 8; 9	–	234,6; 236,6; 239,4; 240,9; 263,2
Малиновка	1; 3; 4; 4; 4; 5; 5; 5; 5; 5; 6; 6; 6; 6; 7; 7; 7; 7; 7; 7	180,0; 195,2; 195,6; 209,9; 211,8	150,6; 154,4; 158,7; 160,2; 161,3
Roi des Gourmands	3; 3; 3; 4; 4; 4; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 6; 6; 6; 6; 7; 7; 8	–	203,8; 231,6; 232,5; 234,9; 239,0
Орлан	4; 5; 5; 6; 6; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 8; 8; 8; 8; 8; 9; 9; 9; 9	237,5; 265,5; 270,2; 275,3; 275,7	202,6; 203,3; 205,9; 206,0; 210,2
Викинг	2; 2; 4; 4; 4; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 6; 6; 6; 6; 6; 6; 6; 6; 7	169,0; 185,3; 187,5; 187,8; 190,4	126,2; 134,4; 136,4; 143,9; 156,7
Мультик	4; 4; 4; 5; 5; 5; 6; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 8; 9; 9	155,4; 156,0; 156,2; 160,7; 167,3	124,8; 124,9; 126,1; 127,8; 128,5
SGE	2; 4; 5; 5; 5; 5; 5; 5; 6; 6; 6; 6; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 8; 8	150,6; 158,6; 163,3; 183,2; 186,8	156,7; 157,3; 158,5; 180,4; 189,0

¹Результаты описания 20 бобов для каждого образца. ²Результаты 5 взвешиваний для каждого образца, умноженные на 100. Прочерк – данные отсутствуют.

Ниже мы сформулируем несколько наиболее часто встречающихся ошибок и укажем на способы их обойти.

Ошибка 1. Использование статистических методов без их описания. По требованиям журналов использованные методы (в том числе описание статистической обработки данных) требуется характеризовать со степенью детализации, достаточной для воспроизведения. Однако в значительном числе просмотренных публикаций было указано лишь, что статистическая обработка данных выполнена по Б.А. Доспехову, что, безусловно, не информативно: в книге [2] приводится описание десятков статистических процедур. В трех статьях нами найдено утверждение, что проведен дисперсионный анализ в соответствии с руководством [2], но в тексте никаких атрибутов или результатов дисперсионного анализа нет. Некоторые авторы ограничились ссылками на «общепринятые» или «стандартные» методики без указания источников.

Для адекватного восприятия результатов статистического анализа обязательно приводить сведения о размере выборки, числе повторностей, использованных статистических критериях и тестах (например, так: «взаимосвязь между признаками оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена»). Эта информация гораздо важнее, чем отсылка к какому-либо справочному изданию и даже указание программы, в которой были произведены расчеты.

Ошибка 2. Включение в анализ выпадающих точек. В массиве данных могут содержаться значения (например, полученные ошибочно или характеризующие нетипичные, аномальные растения), которые сильно искажают результат, если их своевременно не исключить. В пособии Б.А. Доспехова для решения этой задачи предлагается критерий τ (тау). Существует упрощенный подход, в соответствии с которым выпадающими (выбросами, outliers) считаются значения, не попадающие в интервал $[Q1 - 1,5 \cdot IQR; Q3 + 1,5 \cdot IQR]$, где $Q1$, $Q3$ и IQR – соответственно первый квартиль, третий квартиль и интерквартильный размах.

В современных реалиях наиболее быстрый способ найти выпадающие значения и оценить характер распределения – построить график вида «усатый ящик» (box and whiskers plot). Такие графики для признака числа семян в бобе у четырех сортов были построены с использованием пакета STATISTICA (рис. 1). У сорта Батрак верхний квартиль совпадает с медианой, у сорта Совершенство 65-3 – с максимальным значением, у Roi des Gourmands распределение близко к симметричному, а значение «2» для сорта Викинг является выпадающим – его мы исключили в дальнейшем анализе. Аналогично, выпадающим оказалось значение «4» для числа семян у сорта Орлан (график не представлен), оно тоже подлежит исключению.

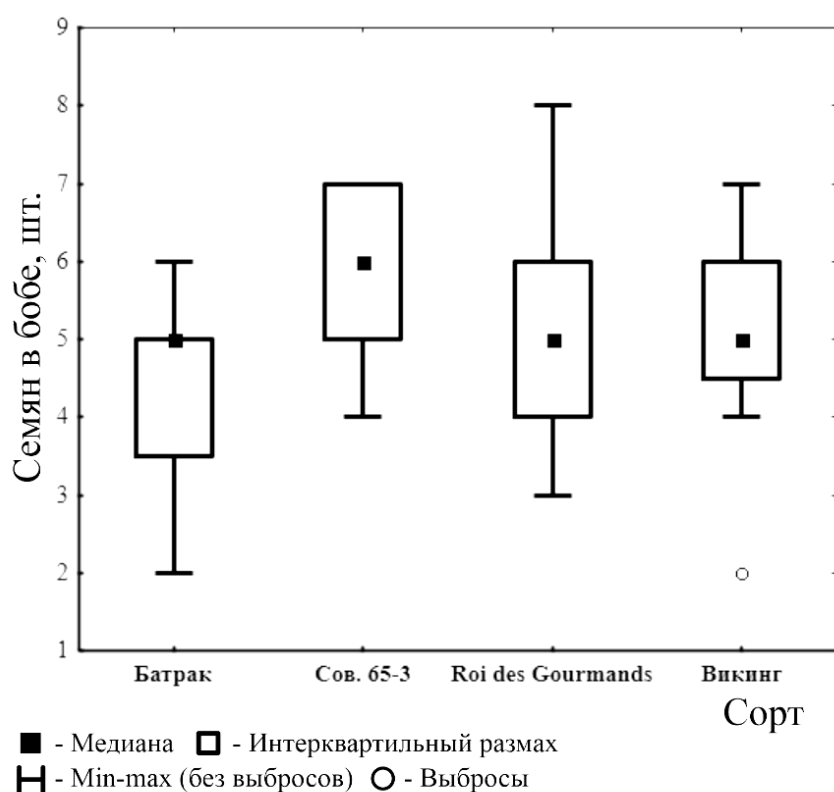


Рис. 1. Распределение числа семян в бобе у четырех сортов

Помимо выбросов, при анализе могут быть обнаружены пограничные значения (extremes), находящиеся на «краях» распределения. Вопрос о включении таких значений в выборку для дальнейшего анализа не имеет общепринятого ответа.

Практика исключения выбросов в некоторых случаях представляется небезупречной с биологической точки зрения. Так, значение «2» (формально выпадающее) для признака числа семян в бобе встретилось у двух растений из 20 в сорте Викинг (т.е. в 10% случаев; табл. 1), и его сложно считать «аномальным» или «нетипичным». Исключение таких случаев чревато искусственным сужением реально существующего разнообразия. Альтернативой

может стать более обоснованный, чем подсчет среднего арифметического, выбор центра распределения, о чем пойдет речь дальше.

Ошибка 3. Выбор центра распределения без учета характера распределения. Коль скоро значения признака распределены в соответствии с некоторой закономерностью, требуется максимально эффективно описать «наиболее типичное» значение и то, насколько сильно отдельные элементы отклоняются от него.

Чаще всего на практике используют среднее арифметическое ($\bar{x}$). Очевидно, что $\bar{x}$ «типично» только для симметричных распределений – например, для нормального. Однако, даже если в целом (в генеральной совокупности или достаточно большой выборке – обычно не меньше 50 значений) значение признака распределено нормально, в малых выборках отклонения могут быть существенными (рис. 1, 2).

Уместно заметить, что среднее – это число, точка на координатной оси, но никак не диапазон. Формулировки вида «средняя 5,5-6,5 см» некорректны.

Одна из наиболее распространенных альтернатив среднему арифметическому – медиана (M): такое число, что половина всех значений в выборке не меньше M , а другая половина – не больше. Именно медиана во многих случаях надёжно отражает «самое типичное» значение в выборке, хотя это не так для некоторых необычных распределений – например, симметричного с двумя пиками.

Еще один показатель центра распределения – мода (Mo): наиболее часто встречающееся в выборке значение. Если признак распределен непрерывно (так обстоит дело с длиной, высотой, содержанием белка в зерне, массой и т.д.), мода может не иметь смысла, поскольку теоретически каждый образец может характеризоваться уникальным значением признака. Однако для признаков с непрерывным распределением часто используют разбиение на классы (например, карликовые, полукарликовые, среднерослые и т.д.), и в этом случае мода информативна.

Для дискретных величин (количество семян, число дней до цветения и пр.) мода – очень наглядный показатель. В отличие от $\bar{x}$ и M , мода пригодна и для описания качественных (номинальных) переменных: например, в группе из 70 зерновых сортов, 20 овощных и 10 фуражных модой будет значение «зерновой сорт».

В табл. 2 приведены показатели значения среднего, медианы и моды для количества семян в бобе у проанализированных сортов. Из приведенных чисел видно, что мода и медиана гораздо более устойчивы к выбросам. Даже если искусственно включить в анализируемую выборку заведомо выпадающее значение (например, добавить число 1000 к количествам семян в бобе из табл. 1), это сильно отклонит среднее значение, не изменит моду и, возможно, незначительно (в нашем случае не более чем на 0,5) сместит медиану. Поэтому использование медианы (а не среднего арифметического) как показателя центра распределения – удобная альтернатива дополнительному анализу на наличие выбросов.

Как видно из таблицы 2, выборка может иметь мультимодальное распределение, т.е. иметь более чем одну моду – так обстоит дело для линии SGE. Это еще одно ограничение на использование моды в расчетах. Однако именно мода для дискретно распределенных величин имеет интуитивно наибольший биологический смысл. Она принимает только те значения, которые есть в выборке и, например, не может стать дробной, если признак имеет только целочисленные значения.

Если значения признака имеют нормальное распределение, в генеральной совокупности среднее арифметическое и медиана совпадают (и близки в выборке). Однако значительная часть признаков (или выборок, особенно малых) распределены иначе. Существуют строгие критерии, с помощью которых можно оценить, насколько нормально распределен признак (критерии Шапиро-Уилка, Колмогорова-Смирнова и др.). На практике гораздо более простая альтернатива – использовать в качестве показателя центра распределения медиану, а не среднее арифметическое.

Здесь необходимо заметить, что в селекционной работе многие процедуры регламентируются государственными стандартами (ГОСТ) или иного рода указаниями

(например, [5]), которые предполагают использование только среднего арифметического. Прочие показатели центра распределения (например, табл. 2) могут быть наглядным дополнением при обсуждении полученных результатов.

Таблица 2

Показатели центра распределения и рассеяния для признака числа семян в бобе

Сорт/линия	Семян в бобе, шт.					
	$\bar{x} \pm SD$ (CV)		M (Q1; Q3)		Mo (min-max)	
Виола	6,8 ± 0,8 (11,8%)		7,0 (6,0; 7,0)		6 (6-8)	
Батрак	4,4 ± 1,2 (27,3%)		5,0 (3,5; 5,0)		5 (2-6)	
Орел	4,8 ± 1,7 (35,4%)		4,5 (3,5; 6,0)		4 (2-7)	
Сов. 65-3	5,9 ± 1,2 (20,3%)		6,0 (5,0; 7,0)		7 (4-7)	
Анвенд	6,9 ± 1,3 (18,8%)		7,0 (6,0; 8,0)		8 (4-9)	
Малиновка	5,4 ± 1,6 (29,6%)		5,5 (4,5; 7,0)		7 (1-7)	
Roi des G.	5,1 ± 1,4 (27,5%)		5,0 (4,0; 6,0)		5 (3-8)	
Орлан	7,2 ± 1,4 (19,4%) ¹	7,4 ± 1,3 (17,6%) ²	7,0 (6,5; 8,0) ¹	7,0 (7,0; 8,0) ²	7 (4-9) ¹	7 (5-9) ²
Викинг	5,1 ± 1,3 (25,5%) ¹	5,4 ± 0,8 (14,8%) ²	5,0 (4,5; 6,0) ¹	5,5 (5,0; 6,0) ²	6 (2-7) ¹	6 (4-7) ²
Мультик	6,5 ± 1,5 (23,1%)		7,0 (5,0; 7,0)		7 (4-9)	
SGE	5,9 ± 1,4 (23,7%)		6,0 (5,0; 7,0)		5 и 7 (2-8)	

¹ Включая выбросы. ² Не включая выбросы.

Ошибка 4. Приведение только средних значений без характеристики рассеяния. В очень многих (39 из 69 просмотренных) публикациях в обобщающих таблицах для признаков приведены только средние значения – например, за несколько лет полевых опытов. Такое представление не отражает, насколько стабильно воспроизводится это среднее значение, а также насколько существенен разброс индивидуальных значений, хотя эта информация чрезвычайно важна при оценке результатов селекционной работы. М.А. Вишнякова и др. [5: с. 87] замечают, что «прямое сравнение средних арифметических признаков разных генотипов не всегда правомерно, так как условия их произрастания сильно варьируют», и с этим нельзя не согласиться.

Необходимо тем или иным образом характеризовать рассеяние значений признака. Возможны несколько вариантов (табл. 2).

1. Стандартное отклонение (s , standard deviation, SD). Эта величина совместима со средним арифметическим и для нормального (или близкого к нему, см. ниже) распределения отражает, насколько сильно отдельные значения в выборке отклоняются от среднего. Во многих случаях в таблицах значения признака приводят как $\bar{x} \pm SD$.

2. Коэффициент вариации (coefficient of variation, CV), т.е. отношение стандартного отклонения к среднему значению, обычно выражаемое в процентах. В отличие от SD, это безразмерная величина, и ее часто используют, чтобы минимизировать «эффект шкалы». В самом деле, для длины стебля $SD = 2,5$ см – очень небольшая величина, а для длины боба гораздо более существенная. Высокий CV может указывать на неэффективность селекции по данному признаку из-за очень широкой нормы реакции.

3. Интерквартильный размах (interquartile range, IQR), приводимый как разность третьего (Q3) и первого (Q1) квартилей или – что более информативно – просто как их значения. Этот параметр хорошо характеризует асимметрично распределенные величины и совместим с медианой. Приведение данных в виде $M \pm 0,5 \cdot IQR$ некорректно, поскольку квартили могут быть на разных расстояниях от медианы и даже совпадать с ней (рис. 1).

4. 95%-ный доверительный интервал (confidence interval, CI). Данный показатель используется редко (одна публикация из просмотренных нами), хотя в целом хорошо

характеризует выборки из популяции, в которой значение признака распределено нормально. В ином случае не обоснован выбор t-статистики для оценки доверительного интервала.

5. Наибольшее и наименьшее значение признака. Этот способ используют чаще прочих (пять публикаций из 69), но существует риск, что именно здесь будут приведены нетипичные, уклоняющиеся значения (см. выше).

В качестве визуального представления можно использовать график вида «усатый ящик» (рис. 1), а также добавлять «усы» к гистограммам или диаграммам рассеяния.

Стандартную ошибку среднего (standard error of mean, SEM, SE) некорректно использовать как показатель рассеяния в выборке, хотя SEM иногда приводят на тех же правах, что и стандартное отклонение [4, 6]. SEM всегда меньше SD и потому выглядит несколько более привлекательно, но имеет совершенно иной смысл и отражает то, насколько точно среднее в выборке соответствует среднему в генеральной совокупности.

Ошибка 5. Использование t-критерия Стьюдента для сравнения малых или асимметрично распределенных выборок. Одна из наиболее часто встречающихся задач – сравнение выборок с целью установить, достоверно ли они различаются. Некорректно сравнение просто по средним значениям, хотя во многих публикациях встречаются формулировки вида «внесение удобрений привело к повышению урожайности по сравнению с контролем на 5%» без оценки достоверности этих различий.

Для сравнения существуют многочисленные критерии, из которых наиболее популярен t-критерий Стьюдента. Важно, однако, что выборочные средние имеют распределение Стьюдента (оно симметрично), если в генеральной совокупности признак распределен нормально. Иными словами, использовать t-критерий можно, если сравниваемые данные в масштабах генеральной совокупности (например, в популяции) имеют нормальное распределение, что далеко не всегда встречается на деле.

Построим гистограммы распределения для массы 1000 семян урожаев 2015 и 2017 гг. В обоих случаях признак имеет несимметричное, явно отличное от нормального распределение (рис. 2). Если применить для сравнения этих двух выборок критерий Стьюдента, получим, что различия достоверны ($p < 0,01$). Более корректным будет использовать непараметрический критерий. Для связанных (зависимых) переменных (именно таковы массы семян одних и тех же сортов в разные годы) пригоден T-критерий Уилкоксона, который также показывает, что различия достоверны, хотя и на более низком уровне значимости ($p < 0,05$).

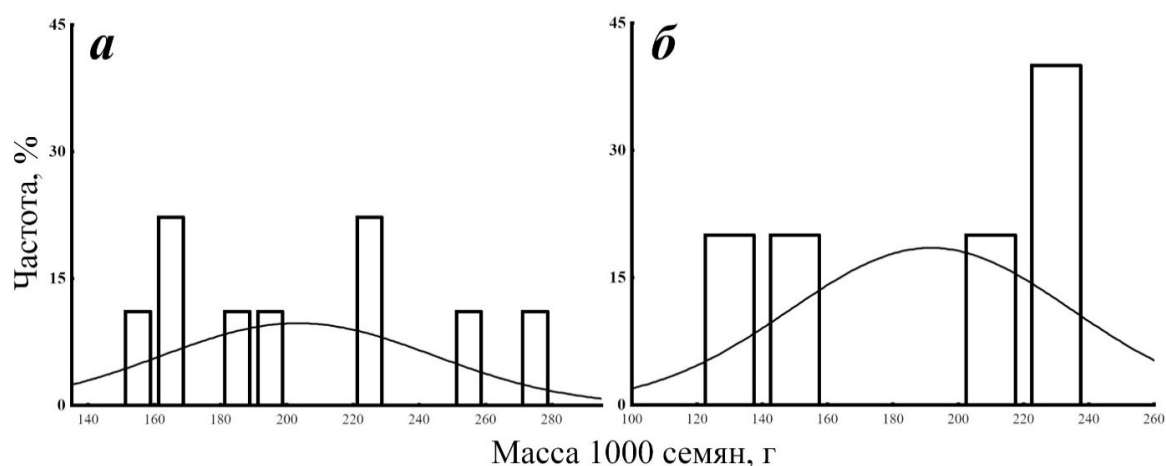


Рис. 2. Частотные гистограммы для признака «масса 1000 семян» у группы сортов (проанализированы медианные значения для каждого сорта) в 2015 (а) и 2017 (б) гг. Для сравнения показаны графики функции плотности вероятности нормального распределения, построенные для тех же средних значений и стандартных отклонений

Вопрос о применимости тех или иных статистических методов к признакам, имеющим различное распределение, во многом решается на уровне традиции. Обычно прибегают к следующим допущениям.

1. Если выборка достаточно большая (50 и более значений), применяют t-критерий.
2. Если признак имеет дискретные значения, но в широком диапазоне (например, со значениями от 10 до 30), его распределение может быть близким к нормальному.
3. Если о признаке известно (например, по предыдущим исследованиям на больших выборках), что в популяции он распределен нормально, t-критерий применяют и к выборкам небольшого объема из этой популяции.

К последнему аргументу следует прибегать с осторожностью, поскольку генеральная совокупность при исследовании одного и того же признака может быть различной в зависимости от задачи. Например, длина стебля у одного сорта, скорее всего, распределена нормально. Однако в большой коллекции сортов тот же самый признак может иметь иное распределение – например, бимодальное, соответствующее длинно- и короткостебельным сортам.

Ошибка 6. Использование одних и тех же критериев для сравнения двух и нескольких выборок. Сравнивая несколько выборок друг с другом на предмет достоверности различий, категорически неверно использовать тот же критерий, что и для попарного сравнения, – например, критерий Манна-Уитни или t-критерий Стьюдента. Существуют специальные критерии для множественного сравнения. Для одновременного сравнения трех и более небольших выборок используют критерий Краскела-Уоллиса, который проверяет гипотезу о том, что различий между группами в принципе нет. Для попарного сравнения «всех со всеми» можно использовать критерий Данна.

Определим, достоверно ли различаются по числу семян в бобе сорта Виола, Батрак, Орел и Малиновка (табл. 3). Выбранные критерии не являются взаимозаменяемыми: критерий Манна-Уитни при попарном сравнении показывает достоверные различия в большем числе случаев, чем критерий Данна, тем самым создавая ошибочную картину.

Таблица 3

Уровни значимости (*p*-values) при попарном сравнении сортов гороха по признаку числа семян в бобе

	Виола	Батрак	Орел	Малиновка
Виола	–	0,000**	0,000**	0,004**
Батрак	0,000**	–	0,525	0,033*
Орел	0,000**	1,000	–	0,223
Малиновка	0,033*	0,218	1,000	–

В верхней правой части таблицы приведены результаты попарного сравнения критерием Манна-Уитни, в нижней левой – множественного сравнения критерием Данна. Звездочками отмечены достоверные различия (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$).

Ошибка 7. Использование коэффициента корреляции Пирсона для анализа малых выборок или нелинейной зависимости. В 11 публикациях авторы постулировали существование корреляции между анализируемыми величинами, не уточняя, какой именно коэффициент корреляции был использован. Указание на использование программы Microsoft Excel позволяет предположить, что речь о функции КОРРЕЛ, которая вычисляет значение коэффициента корреляции Пирсона.

Вычисление этого коэффициента (r) корректно только для нормально распределенных величин с уже перечисленными выше оговорками. Он также характеризует лишь линейную зависимость. На практике часто встречаются параметры, связанные нелинейно, – например, график зависимости эффекта от дозы часто представляет собой S-образную кривую насыщения. Расчет коэффициента корреляции Пирсона некорректен, если заранее неизвестны законы распределения двух переменных и характер зависимости между ними. Альтернативой являются непараметрические методы, которые применимы к выборкам

малого объема, не требуют информации о характере распределения величин, способны обнаруживать любые монотонные зависимости и менее чувствительны к выбросам. Чаще всего используются коэффициенты корреляции Спирмена (ρ) и Кендалла (τ).

Например, между медианными значениями массы 1000 семян, полученных в 2015 и 2017 гг. (т.е. для восьми пар значений, распределенных не нормально: рис. 2), коэффициент корреляции Пирсона (применяемый здесь некорректно!) $r = 0,853$; коэффициент Спирмена $\rho = 0,905$; коэффициент Кендалла $\tau = 0,786$. Таким образом, использование непараметрических методов может дать даже более «победоносный» результат и, безусловно, гораздо более обосновано в данном случае. Корреляция между одними и теми же данными, полученными в разные годы (автокорреляция), вероятно, может служить приблизительной оценкой воспроизводимости этих данных.

Во многих случаях характер зависимости (линейный или нелинейный) понятен по точечной диаграмме рассеяния (например, рис. 3). На такой диаграмме можно увидеть и резко уклоняющиеся от общей тенденции точки, которые могут существенно влиять на интерпретацию. Показателен в этом смысле знаменитый «квартет Энскомба» [7] – четыре набора данных, которые имеют ряд одинаковых показателей (средние, дисперсию, коэффициенты корреляции и детерминации), но очень различаются по характеру зависимости. Поэтому во многих случаях наглядно представить данные в виде графика рассеяния; ни в одной из просмотренных нами работ подобных графиков не было.

Независимо от выбранного метода оценки корреляции, необходимо помнить, что она отражает лишь статистическую – но необязательно биологическую и/или причинно-следственную связь между параметрами.

Ошибка 8. Использование коэффициента детерминации (R^2) вместо коэффициента корреляции. При отображении зависимости между двумя переменными на диаграмме рассеяния иногда добавляют линию регрессии (тренда). Эта линия представляет собой график функции, с той или иной степенью точности аппроксимирующей экспериментальные данные. Точность аппроксимации выражают в виде коэффициента детерминации (R^2), который в случае линейной зависимости равен квадрату коэффициента корреляции Пирсона (r) между анализируемыми переменными.

Коэффициент детерминации отражает только то, насколько хорошо экспериментальные данные соответствуют модели (описываются предложенным уравнением регрессии), но – в общем виде – не силу статистической взаимосвязи между двумя наборами чисел. Рассмотрим пример со случайными данными, нелинейно зависящими друг от друга (рис. 3).

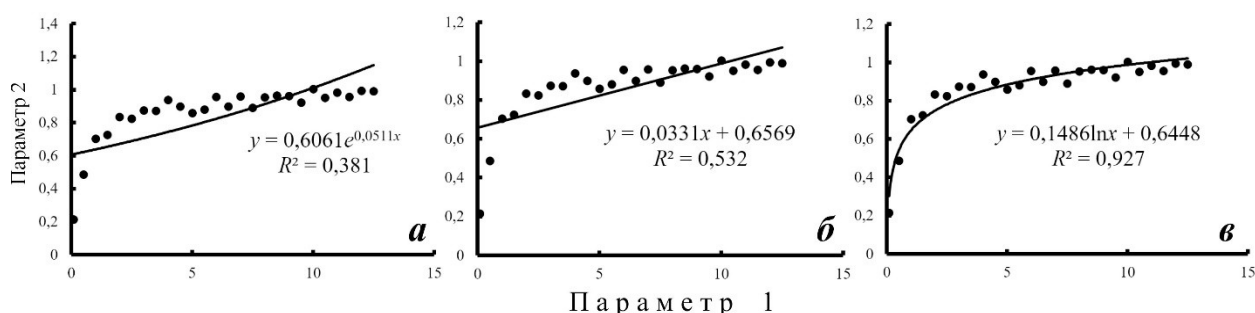


Рис. 3. Аппроксимация одних и тех же нелинейно зависимых данных экспоненциальной (а), линейной (б) и логарифмической (в) моделями

Коэффициент корреляции Пирсона (применяемый здесь некорректно!) для этих данных составляет 0,729, коэффициент корреляции Спирмена (непараметрический, т.е. подходящий к этой ситуации) равен 0,902. Однако R^2 существенно различается для разных моделей регрессии. Экспоненциальная зависимость (рис. 3, а) описывает эти данные плохо ($R^2 = 0,381$, т.е. лишь 38,1% дисперсии зависимой переменной объясняется моделью), немногим более 50% дисперсии могут быть объяснены линейной моделью (рис. 3, б), а

логарифмическая модель аппроксимирует данные с наибольшим успехом (рис. 3, в). Однако речь идет об одних и тех же исходных данных, т.е. R^2 никак не описывает силу статистической взаимосвязи между переменными и не должен быть использован с этой целью.

Ошибка 9. Приведение результатов статистической обработки без оценки достоверности. Недостаточно указать, что значение признака в одной группе больше, чем в другой, или что два параметра коррелируют. Использование статистических методов предполагает оценку того, насколько достоверны различие или связь.

Как отмечают М.А. Вишнякова и др. [5: с. 87], «выявление лучших сортов... чаще всего проводят самым простым и распространенным методом – сравнением средних арифметических величин... полученных для каждого варианта опыта, без установления достоверности результатов». Сложно признать сложившуюся практику безупречной.

В большинстве отечественных работ (42 из 69 просмотренных публикаций) в качестве оценки достоверности используется наименьшая существенная разность (НСР, least significant difference, LSD). Этот параметр указывает на границу возможных случайных отклонений в эксперименте, за пределами которой различия средних считаются значимыми на соответствующем уровне. На практике обычно используют 1%-ный и 5%-ный уровни значимости (НСР₀₁ и НСР₀₅). Важно, однако, что расчет НСР обращается к t-критерию Стьюдента и, следовательно, информативен не для любых распределений (см. выше).

При анализе данных с помощью специальных программ обычно автоматически рассчитывается уровень значимости, выраженный через p -value. В большинстве естественнонаучных исследований обращают внимание на два порога: $p < 0,05$ и $p < 0,01$. В последние годы обострилась дискуссия о том, насколько оправдано использование p -value в качестве показателя достоверности [1]. Указывают, что этот показатель очень чувствителен к размеру выборки и зачастую плохо воспроизводим. Можно констатировать некоторую смену традиции, но приведение p -value является гораздо более удачным решением, чем отсутствие какой-либо оценки достоверности.

Заключение

Обобщим все вышеизложенное в виде алгоритма, который, возможно, позволит обработать и представить данные более корректно и эффективно. При работе с количественными признаками рекомендуется выполнить следующие действия.

1. Выполнить проверку на выпадающие точки.
2. Определить характер распределения исследуемых признаков. Если выборки небольшие (меньше 20) или распределение резко отличается от нормального, для дальнейшего анализа необходимо использовать непараметрические методы. Наличие выпадающих точек или соответствие распределения нормальному можно достаточно примерно оценить, вычислив для выборки среднее значение и медиану: у симметричных распределений без выбросов эти показатели близки.
3. При анализе корреляции удобно построить точечную диаграмму рассеяния, чтобы оценить линейность зависимости между переменными. В случае отчетливо нелинейной зависимости (равно как и для малых и асимметрично распределенных выборок) корректнее использовать непараметрические коэффициенты корреляции.
4. Приводя в тексте, таблицах или на графиках средние показатели, необходимо тем или иным образом указывать величину разброса.
5. При любых статистических выкладках обязательно отображать, насколько значимы показатели (например, с помощью p -value).

В таблице 4 приведены примеры статистических методов с указанием областей их применения.

Данный небольшой обзор ни в коем случае не преследовал цель обучения статистике – это заняло бы гораздо больший объем и в целом избыточно в мире, где существует множество специализированных учебных изданий. Здесь рассмотрены лишь некоторые ошибки, которые периодически встречаются в отечественных работах по селекции.

Таблица 4

Методы, пригодные для решения некоторых статистических задач

Задача	Непараметрические методы			Параметрические методы	
Поиск корреляции	коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла			коэффициент корреляции Пирсона	
Оценка достоверности различий		Две переменные	Более двух переменных	Две переменные	Более двух переменных
	Связанные значения	критерий Уилкоксона	критерий Фридмана	t-критерий Стьюдента для связанных значений	парный t-критерий для множественных сравнений
	Несвязанные значения	критерий Манна-Уитни	критерии Краскела-Уоллеса, Данна	парный t-критерий Стьюдента	дисперсионный анализ (ANOVA), критерий Тьюки

Грамотный выбор процедуры анализа необходим в селекционной работе. Тщательно подобранные и детально описанные статистические методы позволят не только получить обоснованные и адекватные выводы, но и сделать результаты различных исследований сопоставимыми между собой – в том числе и на общемировом уровне. Уверенное владение статистикой способствует международному восприятию и признанию отечественных журналов и опубликованных в них работ гораздо более эффективно, чем требования к авторам дублировать список литературы и заглавия таблиц на английском языке. Хочется надеяться, что настоящая работа будет полезна исследователям и практикам в области селекции в их повседневной деятельности.

Благодарности

Автор сердечно благодарит к.б.н. С.Н. Лысенкова за многолетние беседы о статистике, критический просмотр данной рукописи и неоценимые комментарии, а также рецензента, д.с.-х.н. А.Н. Зеленова за конструктивные замечания.

Литература

1. Nuzzo R. Scientific method: statistical errors //Nature. – 2014. – V. 506. – № 7487. – P. 150-152. DOI: 10.1038/506150a
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
3. Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика. – 1998. – 459 с.
4. Ланг Т. Двадцать ошибок статистического анализа, которые вы сами можете обнаружить в биомедицинских статьях // Междунар. журн. мед. практики. – 2005. – №1. – С. 21-31.
5. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания. 2-е изд. – СПб.: ВИР. – 2018. – 143 с.
6. Altman D.G., Bland J.M. Standard deviations and standard errors // BMJ. – 2005. – V. 331. – P. 903. DOI: 10.1136/bmj.331.7521.903
7. Anscombe F.J. Graphs in statistical analysis // Am. Stat. – 1973. – V. 27. – P. 17-21. DOI: 10.2307/2682899

References

1. Nuzzo R. Scientific method: statistical errors. Nature, 2014, vol. 506, no. 7487. – P. 150-152. DOI: 10.1038/506150a

2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov isslefovani) [Methods of field experiments]. 5th ed. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p. (In Russian).
3. Glantz S. Mediko-biologicheskaya statistika [Primer of biostatistics]. Moscow: Praktika, 1998, 459 p. (In Russian).
4. Lang T. Twenty statistical errors even *YOU* can find in biomedical research articles. Croat. Med. J., 2004, vol. 45, no. 4, pp. 361-370.
5. Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Buravtseva T.V. et al. Kolleksiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: popolneniye, sokhraneniye i izucheniye: metodicheskiye ukazaniya [VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying]. Saint-Petersburg, VIR, 2018, 143 p. (In Russian).
6. Altman D.G., Bland J.M. Standard deviations and standard errors. BMJ, 2005, vol. 331, pp.903. DOI: 10.1136/bmj.331.7521.903
7. Anscombe F.J. Graphs in statistical analysis. Am. Stat., 1973, vol. 27, pp. 17-21. DOI: 10.2307/2682899

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-62-73

УДК: 633.17: 632.451:631.524.86

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРЕХОДА ГОМОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ МУЛЬТИЛИНЕЙНОГО СОРТА ПРОСА КВАРТЕТ В ГЕТЕРОГЕННОЕ СОСТОЯНИЕ С ПОВЫШЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ГОЛОВНЕ

С.Д. ВИЛЮНОВ, ORCID 0000-0002-7373-5951

E-mail: vniizbk@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Более 20 лет используется в производстве районированный с 2001 г. мультилинейный по устойчивости к головне сорт проса Квартет. Степень сопротивления такого сорта заражению определяется эффективностью генов устойчивости, введенных в его компоненты. Мультилинейный сорт проса создан впервые, поэтому возникла необходимость изучения перестройки в его составе генетических компонентов, особенно после многолетнего производственного использования. Просо полевое не является жестким самоопылителем, поэтому становится возможным переход изначально гомогенных компонентов мультилинейного сорта в гетерогенное состояние. Важным остается описание закономерностей в противодействии заболеванию изменения долевого состава компонентов, как сорта в целом, так и дрейфующих между растениями - аллелей генов устойчивости. Непосредственно при создании сорта Квартет разработана и протестирована методика ускоренного создания (за 3 года) компонентов мультилинейной композиции с генетическим соответствием на 97% уровню исходной высокопродуктивной неустойчивой материнской форме. Предложена и протестирована на практике методика подбора долевой композиции на устойчивость к головне. Выявлено сохранение (32:32:26:10) и переход изначально полиморфизма (3:3:3:1) гомогенной композиции мультилинейного сорта проса в гетерогенное состояние. Протестирована математическая модель определения гетерогенного состава и возникновения дополнительной устойчивости (в среднем на 35%) за счет спонтанного переопыления изначально гомогенных линий. В результате исследований, в условиях искусственного климата и полевых методических опытов, доказано существенное различие по влиянию отдельных рас головки на горизонтальную устойчивость сортов проса. Определена линейная зависимость общего уровня заболевания посевов, зависящая от доли неустойчивого гомогенного компонента композиции и уровня заболевания чистого (100%) посева этой линии в тех же условиях (уровень достоверности $R^2=0,98$). Сделаны предложения о целесообразности внедрения в селекционный процесс мультилинейных сортов и элемента управления генетическим полиморфизмом за счет изначально гетерогенных линий, что позволит исключить этап отбора гомогенных компонентов по устойчивости к болезням, в условиях тестирующих инфекционных фонов.

Ключевые слова: мультилинейный сорт, компоненты сорта, пыльная головня (*Sporisorium destruens*), просо посевное (*Panicum miliaceum* L.), гены устойчивости, расы возбудителя головки, горизонтальная устойчивость.

REVEALING THE TRANSITION OF HOMOGENEOUS COMPONENTS OF THE MULTILINEAR MILLET CULTIVAR QUARTET INTO A HETEROGENEOUS STATE WITH AN INCREASE IN THE COMPLEX RESISTANCE TO SMUT

S.D. Vilyunov, ORCID 0000-0002-7373-5951

E-mail: vniizbk@mail.ru

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: For more than 20 years, millet variety *Quartet*, zoned since 2001, has been used in production, multilinear in terms of smut resistance. The degree of resistance of this variety to infection is determined by the effectiveness of resistance genes introduced into its components. The multilinear variety of millet was created for the first time; therefore, it became necessary to study the rearrangement of genetic components in its composition, especially after many years of industrial use. Field millet is not a rigid self-pollinator; therefore, it becomes possible for the initially homogeneous components of a multilinear variety to pass into a heterogeneous state. It remains important to describe the patterns in counteracting the disease of changes in the proportional composition of components, both the variety as a whole, and drifting between plants - alleles of resistance genes. Directly during the creation of the *Quartet* variety, a technique was developed and tested for the accelerated creation (in 3 years) of the components of a multilinear composition with genetic correspondence at 97% to the level of the initial highly productive unstable maternal form. A technique for selecting a share composition for smut resistance has been proposed and tested in practice. The retention (32:32:26:10) and the transition of the initial polymorphism (3:3:3:1) of the homogeneous composition of the multilinear millet cultivar into the heterogeneous state were revealed. A mathematical model was tested for determining the heterogeneous composition and the appearance of additional resistance (on average by 35%) due to spontaneous cross-pollination of initially homogeneous lines. As a result of research, in an artificial climate and field methodological experiments, a significant difference in the influence of individual smut races on the horizontal resistance of millet varieties has been proved. A linear dependence of the total level of crop disease was determined, depending on the proportion of the unstable homogeneous component of the composition and the level of disease of a pure (100%) crop of this line under the same conditions (confidence level $R^2=0,98$). Suggestions were made on the feasibility of introducing multilinear varieties into the breeding process, and an element of genetic polymorphism control due to initially heterogeneous lines, which will allow to exclude the stage of selection of homogeneous components for resistance to diseases, in conditions of testing infectious backgrounds.

Keywords: multiline variety, variety components, dusty smut (*Sporisorium destruens*), common millet (*Panicum miliaceum* L.), resistance genes, races of the causative agent of smut, horizontal resistance.

Введение

В экологическом и экономическом аспекте наиболее выгодным перспективным методом защиты растений от болезней остается возделывание устойчивых к заболеваниям сортов сельскохозяйственных культур. Н.И. Вавилов еще в 1940 году указывал, что важным и решающим методом в борьбе с грибными и бактериальными болезнями является выведение иммунных сортов. Ван дер Планк в 1963 году ввел понятия вертикальной (VR) и горизонтальной (HR) резистентности (устойчивости) к заболеванию. Внедрение сортов с основными или вертикальными генами устойчивости было и остается наиболее успешным средством борьбы с болезнями растений. Этот тип резистентности легко поддается манипулированию в селекционных программах и эффективен до тех пор, пока не будут установлены штаммы патогена, к которым они не придают резистентности. Затем, если имеется другой ген, который обуславливает устойчивость к новым штаммам патогена, этот ген устойчивости может быть включен в сорт селекционером. При этом селекционер, сознательно или бессознательно, применяет принцип гипотезы "ген за ген". Взаимодействие генов растений и грибковых паразитов экспериментально подтвердил американский фитопатолог Гарольд Генри Флор, выдвинувший гипотезу «ген на ген». Гипотеза "ген на ген" была им предложена в 1942 году в качестве простейшего объяснения результатов исследований наследования патогенности у гриба ржавчины льна *Melampsora lini*. Он также считает, что на многолинейном сорте не может возникнуть в опасном количестве сложная раса, способная преодолеть все его гены. Но вместе с тем Г. Флор (1956) и С. Бороевич (1984) считают, что накопление генов устойчивости в одном сорте не является фактором долговременной защиты культуры от патогена, а наоборот, способствует появлению новой,

более вирулентной расы, поскольку устойчивый сорт оказывает давление отбора на доминирующие расы патогена, к которым он устойчив. Более длительная защита культуры возможна с помощью сочетания комплекса генов вертикальной устойчивости и связана с постоянством комбинации определенных рас патогенов и их генов вирулентности. По данным В.А. Шкаликова (2005) это явление обнаружено М. Вольфом. Внутрисортной генетической дивергентностью обладали ранние сорта-популяции или сорта-смеси растений-самоопылителей. Однако по ряду агрономических признаков они не отвечали условиям современного интенсивного производства, и на смену им пришли мультилинейные сорта, принцип создания которых впервые разработал у овса П. Йенсен (1956) и у пшеницы Н. Борлауг (1952). Раса патогена, способная поразить одно растение, не сможет вызвать эпифитотию, если соседнее растение устойчиво.

Началом изучения закономерностей в системной устойчивости проса к головне можно считать 30-е годы XX века, когда в 1938 г. при изучении коллекции проса Всесоюзного института растениеводства на Веселоподольской опытно-селекционной станции была выделена непоражающая популяцией головни из Приморского края форма № 1843 (ВИР 8763), выделенная из образца ВИР 50. В дальнейшем изучение индивидуальных особенностей различных рас и популяций головни *Sporisorium destruens* (Schlecht) Yanky, а также генов устойчивости к ним проса (*Sp*), наиболее полно было проведено в НИИСХ Юго-Востока. Там работа по селекции на устойчивость к головне была начата с 1957 года. Здесь идентифицировано на вирулентность 17 рас и патотипов головни, выявлено 7 генов устойчивости проса к ней (табл. 1). Широко распространенные расы – 1, 2, 5, 8 и 9. Остальные патотипы (3, 4А, 6, 7, 7А, 10, 11 и 12) имеют локальное значение. В результате многолетних исследований установлены факты, важные для практики и теории расовой дифференциации головневых грибов: 1) на одном пораженном растении проса паразитирует только одна раса, независимо от их числа в изучаемом спорообразце-популяции; 2) идентифицированные расы возбудителя головни проса обладают поразительной стабильностью индивидуальных патогенных свойств (новых «гибридных» патотипов гриба до настоящего времени не выявлено) [1]. Было отмечено, что в местных популяциях головни могут присутствовать одновременно несколько рас патогена [2].

Таблица 1

Ключ идентификации гена устойчивости *Sp* у проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) и рас патогена пыльной головни (*Sporisorium destruens*)

Ген <i>Sp</i>	Раса																
	1	2	2H	3	4	4A	5	5A	6	6A	7	7A	8	9	10	11	12
0	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1	R	S	S _{dw}	S	R	R _{dw}	R	R _{dw}	R	R _{dw}	R	R _{dw}	R	R	R	R	S
2	R	R	R	S	S	S	R	R	R	R	S	S	S	R	R	S	R
3	S	S	S	R	S	S	S	S	R	R	R	R	R	S	S	S	S
4	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	S	R	S
5	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S
6	S _{dw}	S _{dw}	S _{dw}	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S _{dw}	S _{dw}	S _{dw}	S _{dw}
7	R _{dw}	R _{dw}	S						S			R _{dw}			R _{dw}	R _{dw}	R _{dw}

Примечания: R (*resistance*) и S (*susceptibility*) - устойчивость и восприимчивость; dw (*dwarfism*) - карликовость;

Объединение тесно сцепленных генов резистентности *Sp* в одном генотипе связано с огромными трудностями. Чтобы получить генотип проса, обладающий генетически обусловленной резистентностью ко всем известным расам, потребуется объединить в комплекс 3 гена (*Sp1*, *Sp2*, *Sp3*). В своей работе Т.М. Левченко (1997) упоминает о получении дигенных форм с помощью рекомбинации, но на сегодняшний день существуют единичные дигенные сорта, объединяющие два гена и полученные с помощью рекомбинации [3]. По мнению Коробкова С.Д., Ильина В.А., Алешина А.Ф. (1991) более результативным и экологически безопасным представляется путь возделывания сортосмесей проса, состоящих

из компонентов с различными генами устойчивости, или мультилинейных сортов. Реализации первого варианта препятствует отсутствие необходимого набора морфологически сходных высокопродуктивных районированных сортов с различными *Sr*-генами. Автор «зеленой революции», нобелевский лауреат Н.Е. Борлауг (1958) уверен, что создание мультилинейных сортов также требует получения различающихся по резистентности биологически совместимых и фенотипически выровненных аналогов или изогенных линий на основе лучших сортов, перспективных форм. Обоснование количества и состава этих компонентов в сорте было осуществлено нами (В.С. Сидоренко, С.Д. Вилунов 1996, 1997) в 1997 году. Изучение композиций сортообразцов проса с генами устойчивости, проводимое совместно с Г.П. Жук (2001), позволило выявить основные механизмы проявления их резистентности в системе «просо-головня» на разном уровне инфекционного фона. Степень сопротивления заражению у композитного сорта определяется в первую очередь эффективностью генов устойчивости, введенных в его компоненты. Под влиянием инфекционной нагрузки идет адаптационная структурная перестройка состава сорта за счет элиминации восприимчивых генотипов. Вследствие такой перестройки – с каждым годом посева полевая устойчивость сорта нарастает, снижаются возможности распространения и споровой репродукции местного патогена. Таким образом, в течение нескольких лет возделывания мультилинейного сорта без применения пестицидов местная популяция патогена подвергается нарастающему генетическому прессингу и уровень заболевания снижается до минимума.

Цель исследований – изучение динамики заложенного генетического полиморфизма на устойчивость к головне изначально гетерогенной композиции мультилинейного сорта проса, после многолетнего возделывания при посеве семенами собственного урожая.

Материалы и методы

Мультилинейный сорт проса Квартет непрерывно возделывается в ОПХ «Стрелецкое» Орловской области с 1998 года на товарные и семенные цели (сегодня это ОС «Стрелецкая – филиал ФГБНУ ФНЦ ЗБК). На сорте в производственном цикле хозяйства не использовалось протравливание семян перед посевом. Другие сорта проса в хозяйстве не возделываются. Средняя урожайность сорта за годы возделывания в хозяйстве составила 3,2 т/га.

Все опытные делянки располагались на полях ФНЦ ЗБК. Площадь каждой делянки (ширина 1,65 м, длина 2 м, 4 рядка, ширина междурядий 0,45 м) составляет 3,3 кв.м. 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, влажность устойчивого увядания составляет 9,6...13,3%. Посев осуществлялся в середине мая, кассетной сеялкой по 200 семян в рядок, исходя из нормы 2,7 млн. растений на 1 га, со всхожестью не менее 90%. Для исключения случайных процессов в распределении спор по семенам, для равномерного однородного распределения нагрузки, уровень заражения был предельно максимальным (более 2% телиоспор от веса семян). Идентификация сортообразцов проса посевного проводилась согласно ключа идентификации устойчивости и восприимчивости гена *Sr* (табл. 1) к расам головни (по: Н.П. Тихонов, 1991, 2006, 2009, 2018). Все образцы рас головни (раса 1, 2, 3, 4, 6А, 8 и 12) получены из НИИСХ Юго-Востока, как в 2018 году, так и ранее в 1997 г.

Опыт 2002 года был заложен 01.02.2002 (Дата всходов: 4.02.2002, первый лист – 6.02.2002) в условиях искусственного климата на предельном (более 2% телиоспор от веса семян) инфекционном фоне 1-й и 6А рас головни. Смешиваемые в композицию две линии проса имели визуальные маркерные отличия и несли разные гены устойчивости к головне: линия л.2277 *badium* с геном *Sr4* (устойчива к расе 1, и неустойчива к расе 6А), линия л.1965 *coccineum* с геном *Sr3* (неустойчива к расе 1 и устойчива к расе 6А). На инфекционном фоне

двух рас головни, в трех повторениях высевалось по 30 семян в 7 вариантах различных смесей двух линий (2 расы головни x 3 повторения x 7 вариантов = 42 сосуда).

Опыт 2018 года был заложен в полевых условиях на жестком инфекционном фоне (2% телиоспор от веса семян): 1, 2, 3, 4, 6А, 8, 12 и смесью 1+6А+8 рас головни. Семена урожая 2017 г. мультилинейного сорта Квартет для исследования были получены из ОПХ «Стрелецкое», где сорт возделывался в производственных условиях без протравливания и пересева собственными семенами. Одновременно с исследуемым сортом Квартет, на фоне этих же рас головни, закладывались контрольные варианты полностью неустойчивой его материнской формы – сорт Благодатное. Посев осуществлен 23 мая, широкорядной кассетной сеялкой по 200 зараженных семян ($M_{1000}=8,0$ г) в рядок в 4-х повторениях (2 сорта x 8 вариантов рас головни x 4 повторения = 64 наблюдения), между вариантами сортов закладывались защитные делянки. При посеве между вариантами с другой расой осуществлялась промывка и дезинфекция сеялки. Подсчет здоровых и больных растений проведен в период 28-30 июля 2018 г.

В 2018 году непосредственно с производственного посева ОПХ "Стрелецкое" сорта проса Квартет, было отобрано и обмолочено 250 метелок созревших растений. Урожай каждого растения был высеян в 2019 году отдельными рядками в делянках на предельном инфекционном фоне (2%). Для выявления долевого состава исходных компонентов (гены устойчивости $Sp1...Sp4$) в сорте было высеяно 60 индивидуальных образцов семян с растения, включая 8 сортообразцов дифференциаторов (идентифицированные гены $Sp0...Sp7$) на фоне 1, 2, 6А и 8 расах головни. Отдельно, для идентификации гена $Sp3$, на фоне расы 1 были высеяны 232 образца с индивидуальных растений из сорта Квартет. В 2020 г., по результатам 2019 г., на инфекционном фоне пяти рас головни (1, 2, 3, 6А и 8) на 100 делянках был заложен уточняющий опыт с целью дополнительной дифференциации устойчивости образцов 2018 г. и их потомства полученного в 2019 г.

Результаты и обсуждение

Долевой состав композиции линий с генами устойчивости к головне мультилинейного сорта проса был рассчитан исходя из максимально оптимального перекрытия всего известного расового состава головни. Для подбора набора линий была выполнена трансформация ключа идентификации гена устойчивости Sp (табл. 1) с 17 идентифицированными расами к виду матрицы $M_{i,Sp}$ (табл. 2) по 12 расам и 7 генам, где 0 – восприимчивость, а 1 – устойчивость (резистентность) к расе патогена

Таблица 2

Матрица расчета доли компонентов с генами Sp по ключу идентификации гена устойчивости Sp к патогену

Ген Sp	Раса, $M_{i,Sp}$												Доля компонента, d_{Sp}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,3
2	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0,3
3	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0,3
4	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0,1
5	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Вероятность проявления расы, P_i	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Целевая ячейка 0,9997
Доля устойчивого компонента в смеси, d_i	0,7	0,4	0,3	0,3	0,6	0,9	0,6	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	

Данная матрица просчитана с помощью встроенного в программу MS Excel пакета надстройки «Поиск решения» (Solver), выполняющей поиск максимального значения общей устойчивости в целевой ячейке (выделено **полужирным**) изменением долей компонентов с генами Sp (d_{Sp} выделено *курсивом*). Целевая ячейка (**ЦЯ**) связана с соответствующими ячейками «долей компонента» через формулу произведение всех значений «долей устойчивого компонента в смеси» между собой:

$$ЦЯ = 1 - \prod_{i=1}^{12} d_i, \text{ где}$$

d_i – значение «Доля устойчивого компонента в смеси» для расы головки вычисляется как «Вероятность проявления расы» умноженный на сумму значений ключей перемноженных на изменяемое значение соответствующей доли компонента гена (таблица 2.):

$$d_i = P_i \sum_{Sp=0}^7 M_{i,Sp} \times d_{Sp}$$

Оптимальным составом для всего спектра рас головки оказался состав 3:3:3:1 по генам $Sp1$, $Sp2$, $Sp3$, $Sp4$ соответственно, с минимальной долей устойчивого компонента в 30% к 3, 4 и 12 расам головки. Для расчетов, когда известен расовый состав местной головки, можно более конкретно подобрать долевой состав линий, с генами устойчивости, изменяя «Вероятность проявления расы» от 0,5 до 1,0. Например: если имеется только первая раса головки ($P_1 = 1,0$, а «Вероятность проявления расы» других рас $i = 2 \dots 12$ равен $P_i = 0,5$), то состав уже будет 5:3:1:1 соответственно.

При оптимизации целевой ячейки были наложены следующие ограничения:

1. Сумма всех долей компонентов равна единице;
2. Минимальная «доля устойчивого компонента» в смеси больше 0,3 (для охвата всего спектра рас);
3. Максимальная «доля устойчивого компонента» в смеси не больше 0,9 (это дает возможность не полностью перекрывать некоторые расы, что снижает коэффициент отбора и уменьшает вероятность появления более агрессивной расы головки).

При создании изначальных гомогенных по генам устойчивости $Sp1 \dots Sp4$ к головне линий мультилинейного сорта была разработана методика переноса генов устойчивости к головне на полностью неустойчивую высокопродуктивную материнскую форму сорта проса. В качестве реципиента был взят используемый в качестве стандарта во многих регионах возделывания, высокопродуктивный сорт проса Благодатное.

Все компоненты мультилинейного сорта получены путем многократного бекроссирования и аналогичны генетическому материалу продуктивной материнской формы более чем на 97% (табл. 3).

Таблица 3

Схема получения резистентных аналогов проса

1 год	Теплица	Реципиент (Р) ♀	Донор (Д) ♂
	Теплица	$P(EФ) \times F_1(ИФ)$	50%Р
2 год	Поле	$P(EФ) \times F_1BC_1(ИФ)$	75%Р
	Теплица	$P(EФ) \times F_1BC_2(ИФ)$	87,5%Р
	Теплица	$P(EФ) \times F_1BC_3(ИФ)$	93,7%Р
	Поле	$F_1BC_4(ИФ)^*$	96,9%Р
3 год	Теплица	$F_2BC_4(ИФ)^*$	тип Р
	Теплица	$F_3BC_4(ИФ)^*$	тип Р
	Поле	$F_4BC_4(ИФ)^*$	тип Р

Примечание: ЕФ – естественный фон, ИФ – инфекционный фон, * – самоопыление.

Неустойчивость к головне материнской формы позволяет легко определять на инфекционном фоне лжегибриды, что упрощает процесс отбора гибридных селекционных образцов. На предварительном этапе идентификации коллекционного и селекционного материала по устойчивости к головне – использовалось сочетание минимального числа рас головки: 1, 2, 3, 6А или 1, 2, 3, 4. Образцы, реагирующие соответственно определенному

гену, повторно проверялись на том же, или расширенном наборе рас. Морфологически однородные линии (л.1950 – Благодатное х Орловское 7 (Sp1); л.2007 – Благодатное х (к.8751 х Мут.1700) (Sp2); л.1965 – Благодатное х к.9128 (Sp3); л.1963 – Благодатное х 241 (Sp4).) в дальнейшем вошли в композицию мультилинейного сорта проса Квартет.

В 2018 году на инфекционном фоне ФНЦ ЗБК были заложены опыты для выявления изменения генетического полиморфизма мультилинейного сорта Квартет после многолетнего возделывания при пересеве собственными семенами, без протравливания против головни. Результаты опыта по уровню поражения головней мультилинейного сорта в условиях жесткого инфекционного фона (2%) разных рас головни, выявили сохранение изначально заложенного генетического полиморфизма по генам устойчивости к головне Sp1...Sp4. В результате проведенных расчетов в составе мультилинейного сорта Квартет выявлена: дегрессия влияния линии (Sp3) с уровня 30% до 2%; снижение доли линии (Sp2) с 30% до 22%; одновременное увеличение влияния линий (Sp1) с 30% до 58% (в 1,9 раз) и линии (Sp4) с 10% до 19%. Расчетное влияние линий с генами (Sp1...Sp4) в составе сорта Квартет, после 20 лет использования в производстве, составило 58:22:2:20. Это сильно расходится с изначальной композицией, но в целом все гены устойчивости в мультилинейном сорте сохранились [4]. Одновременно с таким отклонением влияния линий с генами устойчивости от изначального 3:3:3:1 – было выявлено и значительное увеличение погрешности в вычислениях при росте числа восприимчивых компонентов сорта для отдельной расы головни (рис. 1).

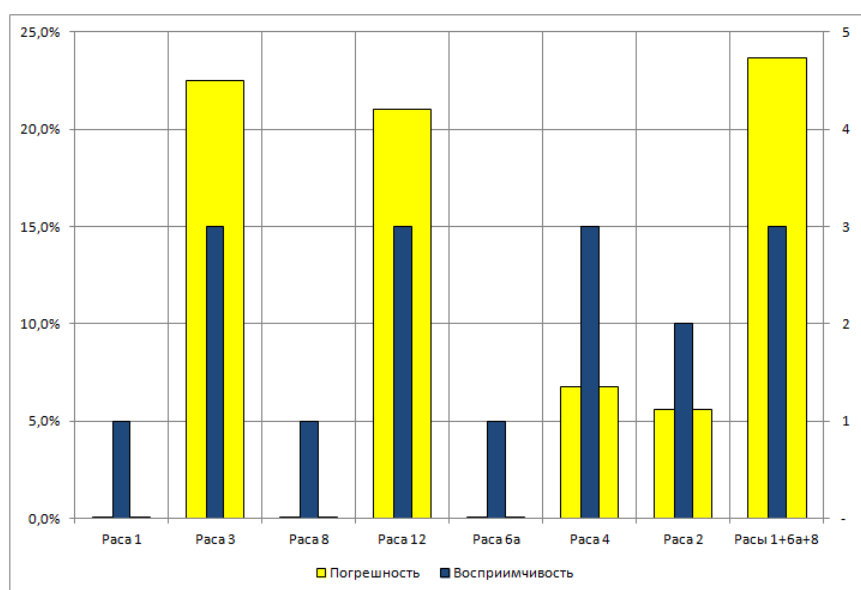


Рис. 1. Увеличение погрешности в общей устойчивости мультилинейного сорта проса к головне за счет нелинейного взаимодействия гомогенных компонентов при росте количества неустойчивых к расе головни линий в композиции

Кроме сохранности генетического полиморфизма, было выявлено общее снижение проявления заболевания посевов, т.е. фактическая устойчивость сорта Квартет возросла от изначальной (далее указано в скобках): для 1 расы – 98% (70%); для 2 расы – 52% (40%); для 3 расы – 63% (30%); для 4 расы – 68% (30%); для 8 расы – 78% (70%); для 12 расы – 68% (30%). И лишь для 6А расы головни общая устойчивость сорта Квартет понизилась с 90% до 82%. В целом по факту общая устойчивость сорта возросла на 35,4%, уровень общего проявления заболевания различных рас головни в посеве отражен на рисунке 2.

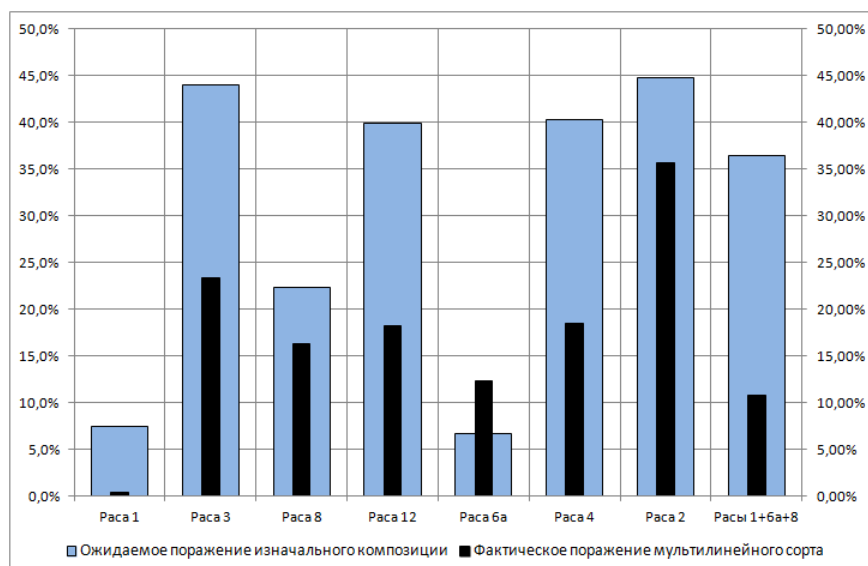


Рис. 2. Отклонение фактического поражения мультилинейного сорта Квартет от теоретического для изначальной композиции линий (Sp1...Sp4) - 3:3:3:1. Жесткий инфекционный фон различных рас головки, ФНЦ ЗБК, 2018 г.

В анализе опыта 2018 г. все расчеты ожидаемого проявления заболевания выводились для долевого состава неустойчивого гомогенного компонента через линейную регрессию, проверенную автором ранее в опыте 2002 года «по выявлению влияния доли неустойчивого компонента в смеси на уровень поражения посева» (рис. 3). Этот опыт на высоком уровне достоверности (аппроксимация $R^2 = 0,98$) показал прямую линейную зависимость уровня поражения композиции и доли неустойчивого компонента к головне, выраженный через коэффициент равный поражению восприимчивого компонента в чистом виде (100% доля в посеве) и в тех же условиях. На рисунке 3 наблюдается, что на расе 6А (л.2277 *badium* с Sp4) – значение линии тренда полностью совпало с расчетной (теоретической), а на расе 1 (л.1965 *cozzineum* с Sp3) – отклонение линии тренда было в рамках ошибки опыта полученной величине поражения однородного посева. Было обнаружено существенное различие влияния рас головки $F_{\text{факт}} = 77,2 > F_{05} = 10,1$ ($\text{НСР}_{05} = 10,8$, точность опыта 2,11%). Это было подтверждено двухфакторным дисперсионным анализом данных опыта 2018 г. (табл.4): Фактор А – сорт (мультилинейный сорт Квартет и полностью неустойчивый к головне сорт Благодатное); фактор В – раса головки (1, 2, 3, 4, 6А, 8, 12 и смесь рас 1 + 6А + 8).

Таблица 4

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа уровня поражения сортов проса Квартет и Благодатное на 8 вариантах различных рас головки, 2018 г.

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт}}$	F_{05}	Влияние, %
Фактор А	3,061	1	3,061	1000,2	4,1	70,2
Фактор В	0,809	7	0,116	37,8	2,2	18,6
Взаимодействие АВ	0,274	7	0,039	12,8	2,2	6,3
Вариантов	4,144	15	0,276	90,3	1,9	95,1
Повторений	0,078	3				1,8
Случайное	0,138	45	0,003			3,2

Точность опыта = 7,43%, $\text{НСР}_{05} = 0,078$

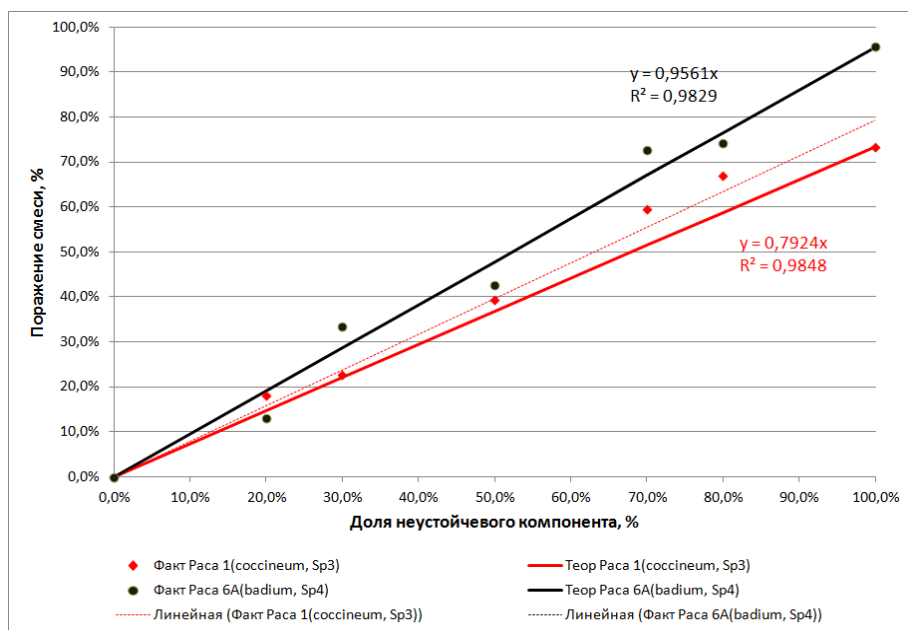


Рис. 3. Влияние доли неустойчивого компонента на общее поражение посева головней на предельном инфекционном фоне, для композиционной смеси гомогенных по гену устойчивости *Sp* двух линий (разновидность *coccineum* и *badium*), ВНИИ ЗБК, 2002 г.

Увеличение погрешности в общей устойчивости мультилинейного сорта проса к головне по отношению к изначальной композиции и возросшая за 20 лет дополнительная защита неустойчивых компонентов явно носят не линейный характер. В тоже время за всю историю полевых наблюдений (1998-2018 гг.) возникновения головневых эпифитотий на сорте обнаружено не было. Следовательно, перестройки долевого состава гомогенных исходных линий в сорте, за счет элиминации восприимчивых генотипов (пораженные растения не репродуцируют семена) произойти не могли. Соответственно было сделано предположение о перераспределении генов устойчивости в полевой популяции за счет переопыления исходных линий внутри мультилинейного сорта. Таким образом, генетический полиморфизм сорта и гомогенность изначальных компонентов сортовой композиции должны были претерпеть изменения естественным образом. По мнению С.Бороевича: «Сорт-популяция представляет собой совокупность очень большого числа различных генотипов, которые чаще всего обнаруживают в какой-либо естественной или местной популяции. Если речь идет о культурах-самоопылителях, то можно утверждать, что любой присутствующий в такой популяции генотип находится в гомозиготном состоянии с определенной частотой. Если же речь идет о растениях-перекрестниках, то в этом случае часть генотипов находится в гомозиготном, а часть – в гетерозиготном состоянии с определенной частотой и между ними может наступить состояние равновесия ввиду имеющей место в популяции системы свободного размножения.» [5]. А так как по мнению многих авторов просо обычно является самоопылителем, но при благоприятных условиях возможно перекрестное опыление, которое может достигать 15% и более [6]. Для проверки этой гипотезы, на основе ключа идентификации гена устойчивости *Sp* у проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) и рас патогена пыльной головни (*Sporisorium destruens*) (табл. 1), была расширена сформированная ранее матрица [4] гетерогенными комбинациями генов устойчивости (табл. 5).

Гетерогенные комбинации генов *Sp1...Sp4* могут проявлять себя по устойчивости к головне как дигены. Соответственно для наглядности они обозначены в матрице как *Sp12*, *Sp13*, *Sp14*, *Sp23*, *Sp24*, *Sp34*. Матрица представляет 11 значимых строк сочетания аллелей генов устойчивости *Sp* и 8 столбцов (*i*) с вариантами рас патогена ($M_{i,Sp}$). Значение $M_{i,Sp}$ равно нулю – если в соответствующей ячейке ключа стоит резистентность (устойчивость) к расе головни, и равно уровню поражения неустойчивого компонента (материнская форма

сорт Благодатное) на этой расе головни и в этих же почвенно-климатических условиях. Для смеси рас использовалась сумма произведений фактического поражения неустойчивого компонента на соответствующее значение $M_{i,sp}$. Также матрица имеет дополнительные строки для расчетов фактических данных по вариантам (уровень поражения посевов неустойчивого сорта Благодатное $B_{0i}^{факт}$, мультилинейного сорта Квартет, $B_i^{факт}$) и строку теоретического поражения Квартета. Расчет матрицы проведен с помощью встроенного в программу MS Excel пакета надстройки «Поиск решения» (Solver), выполняющей оптимальный подбор в ячейках долей компонентов (d_{sp} выделено *курсивом*) для поиска минимального значения результирующей целевой ячейки **РЦЯ**, представляющей собой произведение максимальной ошибки на сумму ошибок:

$$РЦЯ = MAX(E_i) \times \sum_{i=1}^8 E_i, \text{ где } E_i = \left| (B_i^{факт})^2 - (B_i^{теор})^2 \right| / (B_i^{факт} + B_i^{теор})^2$$

Теоретическое поражение Квартета ($B_i^{теор}$) выводится из суммы по столбцу произведений соответствующих в строке значений ключа матрицы на долю генетического компонента:

$$B_i^{теор} = \sum_{sp=1}^{10} d_{sp} \times M_{sp,i}$$

Для формирования окончательного расчета в оптимизации долевого состава с минимизацией целевой ячейки были наложены следующие ограничения:

1. Сумма всех долей компонентов равна единице (100%);
2. Значение доли компонента больше или равно 0;

Таблица 5

Фактические и расчетные величины поражения разными расами головни неустойчивого сорта проса Благодатное, мультилинейного сорта Квартет и его отдельных компонентов, %, 2018 г.

	Раса, $M_{i,sp}$								Доля компонента d_{sp} , %
	1	2	6А	8	4	3	12	1+6А+8	
Номер столбца, i	1	2	3	4	5	6	7	8	
Фактическое поражение Благодатное (Sp0), $B_{0i}^{факт}$	24,70	74,66	66,67	74,45	57,53	62,72	56,89	71,25	
Фактическое поражение Квартет, $B_i^{факт}$	0,43	35,65	12,30	16,24	18,42	23,36	18,16	10,71	
Теоретическое поражение Квартета, $B_i^{теор}$	0,43	28,44	7,84	10,29	26,87	36,52	27,55	16,92	
Гены устойчивости, Sp	Расчетная матрица поражения отдельных линий расами головни, %								
1. Sp0	24,70	74,66	66,67	74,45	57,53	62,72	56,89	71,25	1,7299
2. Sp1	0	74,66	0	0	0	62,72	56,89	0	11,6507
3. Sp2	0	0	0	74,45	57,53	62,72	0	74,44	12,0887
4. Sp3	24,70	74,66	0	0	57,53	0	56,89	24,70	0
5. Sp4	0	0	66,67	0	57,53	62,72	56,89	66,67	10,0260
6. Sp12	0	0	0	0	0	62,72	0	0	16,9230
7. Sp13	0	74,66	0	0	0	0	56,89	0	24,7131
8. Sp14	0	0	0	0	0	62,72	56,89	0	0
9. Sp23	0	0	0	0	57,53	0	0	0	16,7516
10. Sp24	0	0	0	0	57,53	62,72	0	0	5,8125
11. Sp34	0	0	0	0	57,53	0	56,89	0	0,3045
Целевые ячейки ошибки, E_i	0,000	11,246	22,144	22,435	18,660	21,986	20,544	22,479	31,356

Подсчет долей действующих для защиты растения каждого из четырех аллелей генов Sp1...Sp4, включая гетерозиготные состояния (две разные аллели одновременно), составил – 53,3%, 51,6%, 41,8%, 16,1% соответственно. Откуда соотношение функциональных аллелей генов Sp1...Sp4 в посеве составит 32,4 : 31,7 : 25,7 : 9,9 с дополнительной вероятностью проявления до 2% доли полностью неустойчивого компонента (Sp0), что соответствует изначальному соотношению гомогенных линий 30:30:30:10. Данный вывод подтверждается опытными данными 2019 года (табл. 6), когда был заложен полевой опыт по определению геноспецифической реакции отдельных случайных растений из мультилинейного сорта Квартет на инфекционном фоне разных рас головки [7, 8].

Таблица 6

Результаты идентификации генетических компонент сорта проса Квартет на предельном (2%) инфекционном фоне четырех рас головки, ФНЦ ЗБК, 2019 г.

Опыт	Число сортообразцов	Sp1	Sp2	Sp3	Sp4	Неопределенно/ выбраковка*
Инфекционный фон различных рас (1, 2, 6А, 8) головки, шт.	52	16	17	5	6	8
Доля, %	100	30,8	32,7	9,6	11,5	15,4
Инфекционный фон на 1 расе головки, шт.	232	х	х	32	х	13
Доля, %	100	-	-	14,6	-	х

*) Реакция сортообразца проса на различные расы головки не соответствовала ключу идентификации, или произошла выбраковка сортообразца по техническим причинам

За 2019-2020 гг. отмечалось, что степень поражения различных сортообразцов очень сильно разнилось – от единичных больных растений на фоне здоровых, до 80% уровня поражения на фоне отдельных рас головки. Для сравнения – за эти годы полностью восприимчивый стандарт (сорт Благодатное) стабильно поражался всеми расами головки в диапазоне от 60 до 90% на контрольных посевах. Отмечено образование отдельных компонентов с не типичными для изначально гомогенных линий свойствами по устойчивости к головне. Соортообразцы 72 и 167 при пересеве в 2020 г. подтвердили отсутствие гена устойчивости (Sp0), хотя проявили высокую горизонтальную устойчивость по большинству рас патогена – поражались единичные растения в посеве. Это подтверждает проявившийся в расчетах (табл. 5) возможный, полностью неустойчивый компонент на уровне 2% за 20 лет использования в производстве мультилинейного сорта.

Выводы и предложения

1. В гомогенной смеси компонентов с разными генами устойчивости к головне достоверно прослеживается линейная зависимость уровня поражения общего посева от доли неустойчивых компонентов и степени поражения этих компонентов в чистом посеве.

2. Между расами головки достоверно подтверждено различное влияние на горизонтальную устойчивость растений проса, выраженное в уровне поражения восприимчивого сорта.

3. В течение многолетнего использования в производстве мультилинейный сорт проса Квартет полностью сохранил заложенный изначально генетический полиморфизм и соотношение генов устойчивости, осуществляющих комплексную защиту.

4. Частичный переход, за 20 лет использования, из гомогенного в гетерогенное состояние компонентов композиции сорта увеличил горизонтальную устойчивость сорта. Гетерогенный по генам устойчивости Sp мультилинейный сорт проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) обладает большей комплексной устойчивостью к патогену пыльной головки (*Sporisorium destruens*).

5. Методика ускоренного переноса (за 3 года) 4 генов устойчивости к головне (Sp1...Sp4) на восприимчивую высокопродуктивную, адаптивную к местным условиям, но

полностью неустойчивую материнскую форму проса позволяет оперативно создавать морфологически однородные компоненты для мультилинейных сортов.

6. Использование в селекции гетерогенных по генам устойчивости *Sr* линий, при создании мультилинейных композиций, позволяет расширить круг исходного материала и, соответственно, сократить сроки создания сортов, исключив этап доведения отдельных морфологически идентичных компонентов до гомогенности линии по гену устойчивости композитного сорта.

7. Предлагаемая методика расчета изначальной мультилинейной композиции, на основе ключа идентификации генов устойчивости и рас патогена, для оптимального состава композитного сорта является универсальным и доступным инструментом, и может применяться на других культурах.

Литература

1. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Милкин А.А. Идентификация сортов проса по устойчивости к головне // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018, №3(27), – С.71-77. doi:10.24411/2309-348X-2018-11036
2. Дюсибаева Э.Н., Сейтхожаев А.И., Рысбекова А.Б. Определение расового состава возбудителя головни проса в сухостепной зоне Северного Казахстана // Евразийский союз ученых. – 2019. – № 6-2 (63). – С. 11-13. doi:10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.63.166.
3. Тихонов Н. П. Сорт проса посевного Сарбин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С. 99-103. doi:10.24412/2309-348X-2021-2-99-103.
4. Вилунов С.Д. Динамика генетического полиморфизма мультилинейного сорта проса Квартет в условиях Орловской области за 20 лет возделывания // Земледелие. №4, 2019, – С.33-36. doi:10.24411/0044-3913-2019-10408
5. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. – М.: – 1984. – 343 с.
6. Котляр А.И. Возможность использования естественного перекрёстного опыления проса посевного в селекционной работе // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4(28). – С. 68-77. doi:10.24411/2309-348X-2018-11052.
7. Vilyunov S.D., Sidorenko V.S. Revealing the component composition of the multilinear millet variety Quartet during long-term seed production // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol.650. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012106.
8. Зотиков В.И., Вилунов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. Т.25. №4. – С.381-387. doi:10.18699/VJ21.041

References

1. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V., Milkin A.A. Identifikatsiya sortov prosa po ustoichivosti k glavne [Identification of millet varieties by smut resistance]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018, no.3, pp.71-77. doi:10.24411/2309-348X-2018-11036 (In Russian)
2. Dyusibaeva E.N., Seitkhodzhaev A.I., Rysbekova A.B. Opredelenie rasovogo sostava vozbuditeli glavni prosa v sukhostepnoi zone Severnogo Kazakhstana [Determination of the racial composition of millet smut pathogens in the dry steppe zone of Northern Kazakhstan]. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*. 2019, no. 6-2(63), pp. 11-13. doi:10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.63.166. (In Russian)
3. Tikhonov N. P. Sort prosa posevnogo Sarbin [Common millet variety Sarbin]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 2(38), pp. 99-103. doi:10.24412/2309-348X-2021-2-99-103. (In Russian)
4. Vilyunov S.D. Dinamika geneticheskogo polimorfizma mul'tilineinogo sorta prosa Kvartet v usloviyakh Orlovskoi oblasti za 20 let vozdelvaniya [Dynamics of genetic polymorphism of the multilinear millet variety Quartet under the conditions of the Oryol region over 20 years of cultivation]. *Zemledelie*, no.4, 2019, pp.33-36. doi:10.24411/0044-3913-2019-10408 (In Russian)
5. Boroovich S. Printsipy i metody selektsii rastenii [Plant breeding principles and methods]. Moscow, 1984, 343 p. (In Russian)
6. Kotlyar A.I. Vozmozhnost' ispol'zovaniya estestvennogo perekrestnogo opyleniya prosa posevnogo v selektsionnoi rabote [The possibility of using natural cross-pollination of seed millet in breeding work]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018, no. 4(28), pp. 68-77. doi:10.24411/2309-348X-2018-11052. (In Russian)
7. Vilyunov S.D., Sidorenko V.S. Revealing the component composition of the multilinear millet variety Quartet during long-term seed production. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol.650. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012106.
8. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Modern breeding of leguminous and groat crops in Russia]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2021, V.25, no.4, pp. 381-387. doi:10.18699/VJ21.041 (In Russian)

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ АО «ЩЁЛКОВО АГРОХИМ» ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГРЕЧИХИ

З.И. ГЛАЗОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В статье представлены результаты двухлетних исследований о применении для предпосевной обработки семян, внесения в почву и внекорневых подкормок специальных агрохимикатов АО «Щёлково Агрохим» на посевах гречихи сорта Даша.

Выявлено, что для получения дополнительного урожая зерна гречихи на уровне 0,11-0,42 т/га более эффективно использовать совместное применение испытанных удобрений, т.е. предпосевную обработку семян (Биостим Старт – 0,7 л/га) + внесение в почву перед посевом (Биокомпозит Коррект – 3,0 л/га) + листовую подкормку в период ветвление-бутонизация (Биостим зерновой – 2,0 л/га + Биостим Бор 1,0 л/га) и листовую подкормку в период плодообразования (Биостим зерновой – 2,0 л/га + Биостим Рост – 2,0 л/га). Данное взаимодействие весьма значимо для повышения урожайности и варьирует от 10,1 до 17,6% в зависимости от условий года. Долевое участие в формировании урожая отдельного применения удобрений менее существенно и составляет 3,0-7,0%.

Следует отметить высокую степень зависимости действия удобрений от внешних условий, определяемых водным и температурным режимами в каждом вегетационном периоде: в 2019 году долевое участие их в формировании прибавки урожая зерна гречихи составляло от 2,2 до 12,0%, а в 2020 году – от 5,4 до 18,3%, что в 1,52-2,45 раза больше.

В целях повышения урожайности гречихи, наряду с органоминеральными комплексными удобрениями, выпускаемыми как за рубежом, так и в России, целесообразно использовать и агрохимикаты АО «Щёлково Агрохим» при разных способах их применения.

Ключевые слова: гречиха, специальные удобрения, обработка семян, листовые подкормки, урожайность.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SPECIAL FERTILIZERS OF AO «SHCHELKOVO AGROKHIM» WITH DIFFERENT METHODS OF THEIR APPLICATION ON THE YIELD OF BUCKWHEAT

Glazova Z.I.

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The article presents the results of two-year research on the use of special agrochemicals of AO «Shchelkovo Agrokhim» for pre-sowing treatment of seeds, introduction into the soil and foliar dressing on crops of buckwheat variety Dasha.*

It was revealed that to obtain an additional yield of buckwheat grain at the level of 0.11-0.42 t/ha, it is more efficient to use the combined use of tested fertilizers, i.e. pre-sowing seed treatment (Biostim Start - 0.7 l/ha) + application to the soil before sowing (Biocomposite Correct - 3.0 l/ha) + foliar dressing during the branching-budding period (Biostim for grain – 2.0 l/ha + Biostim Bor 1.0 l/ha) and foliar feeding during the period of fruit formation (Biostim for grain – 2.0 l/ha + Biostim Growth – 2.0 l/ha). This interaction is very significant for increasing yields and varies from 10.1 to 17.6% depending on the conditions of the year. The share in the formation of the crop of the separate application of fertilizers is less significant and amounts to 3.0-7.0%.

It should be noted the high degree of dependence of the effect of fertilizers on external conditions, determined by the input and temperature regime in each growing season: in 2019, their

share in the formation of an increase in the buckwheat grain yield ranged from 2.2 to 12.0%, and in 2020 - from 5.4 to 18.3%, which is 1.52-2.45 times more.

In order to increase the yield of buckwheat, along with organic-mineral complex fertilizers produced both abroad (2) and in Russia (3), it is advisable to use agrochemicals of AO "Shchelkovo Agrokhim" with different methods of their application.

Keywords: buckwheat, special fertilizers, seed treatment, foliar feeding, yield.

Из антропогенных факторов, значительно влияющих на уровень урожайности гречихи, преимущество принадлежит минеральным удобрениям, на долю которых приходится от 17 до 31% урожая [1]. Однако наибольшая их эффективность отмечается при использовании наиболее рациональных способов внесения и оптимальных доз с учётом потребности растений в питательных элементах в период вегетации [1]

В последние годы, для создания оптимальных условий питания растений, всё шире отводится место специальным видам агрохимикатов, выпускаемых в большом ассортименте, как за рубежом, так и в России [2, 3, 4]. В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал, в котором отмечается положительное действие комплексных органоминеральных удобрений на урожайность различных культур, в том числе и гречихи [5, 6, 7]. В наших исследованиях, проведённых в 2011-2015 гг. также была установлена высокая эффективность и низкозатратность комплексных минеральных удобрений, применяемых по вегетирующим растениям гречихи из серии Террафлекс (Бельгия), Спидфол (ЮАР), Рексолин АБС (Нидерланды) [8]. Аналогичные результаты получены и в полевых опытах 2016-2018 гг. по действию на урожайность гречихи многокомпонентных органоминеральных комплексов, выпускаемых ООО «Полидон Агро» [9].

В настоящее время в АО «Щёлково Агрохим» налажен выпуск широкого спектра специальных видов агрохимикатов, действие которых позволяет в значительной степени влиять на темпы роста и развития растений [10].

К сожалению, информация об их использовании при выращивании гречихи в научной литературе отсутствует.

В этой связи, целью исследований было изучение влияния способов применения новых микро-и органоминеральных удобрений, производимых АО «Щёлково Агрохим», на урожайность гречихи.

Материалы и методы

Влияние сроков и способов внесения различных удобрений изучали в полевых опытах на серой лесной среднесуглинистой среднекультуренной почве. Учётная площадь делянки – 9,0 м², повторность – четырехкратная, размещение – рендомизированное. Способ посева – рядовой (15 см) сеялкой СКС–6–10, норма высева 2,5 млн. всхожих семян гречихи на 1 га. Срок посева – третья пятидневка мая. Предпосевная обработка семян проводилась за пять дней до посева. Внесение в почву и листовые подкормки проводили в фазы, указанные в схеме опыта. Способ уборки – прямое комбайнирование в 2019 г. - 16.08, и в 2020 году – 11.08 после обработки Реглоном (2 л/га, 9.08-7.08) при созревании – 87% плодов. Учет урожая – поделяночный. Результаты учета урожая обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А.Доспехову (1986).

Схема опыта: Контроль (без обработок); Предпосевная обработка семян Биостим Старт – 0,7 л/т; 18.05.19; 8.05.2020 г.; Обработка почвы перед посевом (Биокомпозит–Коррект–3,0 л/га; 23.05.2019 г., 13.05.2020 г.); Листовая подкормка в период ветвление–бутонизация (Биостим Зерновой – 2,0 л/га+Биостим Бор–1,0 л/га; 13.06.2019 г.; 19.06.2020 г.); Листовая подкормка в период плодообразования (Биостим Зерновой – 2,0 л/га + Биостим Рост – 2,0 л/га; 24.06.2019 г.; 11.07.2021 г.); Вар. 2 + Вар. 3 + Вар. 4 + Вар. 5; Подкормка гречихи (период плодообразования).

Результаты исследований и их обсуждение

В 2019 г. посев гречихи проведен 23 мая, при температуре почвы 21,3°C на глубине 0-10 см и запасе продуктивной влаги – 20,1 мм. Всходы появились 29 мая. Полевая всхожесть составила 92-95% от высеванных семян.

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

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

В 2020 году посев гречихи проведен 13 мая при температуре почвы на глубине 0-5 см – 12,9°C и запасе продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см – 43,0 мм.

Метеорологические условия за период посев-всходы складывались неблагоприятно: среднесуточная температура воздуха была на 3,8° ниже нормы и варьировала от 6,4 до 15,8°C, а на поверхности почвы – от 0 до 8,0°C. Поэтому всходы появились 29 мая, а полевая всхожесть составила 40-42% от высеванных семян.

Умеренные дневные температуры (от 17,6 до 19,9°C) при хорошей (47-59 мм) влагообеспеченности пахотного слоя почвы (0-20 см) в период всходы–ветвление (29.05.-15.06.), видимо, способствовали интенсивному росту корневой системы. Такая закономерность была отмечена ещё в исследованиях О.А. Соколова (1980); Э.Л. Климашевского (1991); Л.А. Негода (2004). При этом отмечалась также и высокая положительная корреляция между корнеобеспеченностью растений и урожаем зерна (Bhando, Albritton (1976); J.Lynch (1995); А.Д. Гончаров (2008).

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

Помимо погодных условий, увеличению урожайности гречихи способствовала, как предполагалось ранее, и видимо более развитая корневая система, функциональная деятельность которой (особенно распределительная) обеспечивала интенсивную подачу питательных веществ в завязывающиеся плоды. Тесная связь этих процессов была показана ранее и в работах других авторов (Г.В.Наполова (2001); А.Т.Хуснутдинова (2009); E.Szelezniak, L.Pjdolska, L.Rubicku (2010); N.Fesenko, Z.Glazova, I.Fesenko (2020).

Наше предположение о возможном совокупном комплексном взаимодействии этих факторов подтверждается данными об озернённости растений, которая даже на контроле в 5,9 раза была больше, чем в 2019 году (табл.). Следовательно, доля влияния внешних условий года слишком высока, она влияет как на величину урожайности, так и на результативность остальных факторов.

Таблица

**Урожайность гречихи и ее структура в зависимости от применения
органоминеральных удобрений**

№ п/п	Варианты	Урожайность			Структура урожая				Кхоз %
		т/га	Прибавка		Длина, растения, см	Масса, г			
			т/га	%		1 раст.	Зерна с 1 раст.	1000 зерен	
2019 г.									
1	Контроль (без обработок)	1,09	-	-	59,0	1,43	0,67	28,1	46
2	Биостим Старт (0,7 л/т) предпосевная обраб. семян	1,12	0,03	2,7	60,8	1,57	0,70	28,7	44
3	Биокомпозит- Коррект-(3,0 л/га) – внесение в почву перед посевом	1,14	0,05	4,6	61,5	1,59	0,73	27,9	46
4	Биостим зерновой (2,0 л/га+ Биостим Бор-1,0 л/га (подкормка ветвление- бутонизация)	1,16	0,07	6,4	64,0	1,60	0,74	28,9	46
5	Биостим Зерновой (2,0 л/га)+Биостим Рост (2,0 л/га) (в период плодооб-разования)	1,11	0,02	1,8	62,0	1,62	0,73	29,1	45
6	Вар. 2+3+4+5	1,20	0,11	10,1	64,8	1,64	0,78	29,3	47
НСР ₀₅ (т/га) – 0,12									
2020 г.									
1	Контроль (без обработок)	2,39	-	-	109,3	7,88	3,95	28,3	50
2	Биостим Старт (0,7 л/т) предпосевная обраб. семян	2,47	0,08	3,3	112,7	11,95	4,29	29,2	36
3	Биокомпозит- Коррект-(3,0 л/га) – внесение в почву перед посевом	2,56	0,17	7,1	110,0	11,88	4,48	28,8	38
4	Биостим зерновой (2,0 л/га+ Биостим Бор-1,0 л/га (подкормка ветвление- бутонизация)	2,57	0,18	7,5	114,0	13,13	4,79	29,5	36
5	Биостим Зерновой (2,0 л/га)+Биостим Рост (2,0 л/га) (в период плодооб- разования)	2,64	0,25	10,5	115,0	13,72	4,98	29,4	36
6	Вар. 2+3+4+5	2,81	0,42	17,6	117,5	14,25	5,97	30,3	42
НСР ₀₅ (т/га) – 0,16									
Среднее за 2019-2020 гг.									
1	Контроль (без обработок)	1,74	-	-	84,6	4,66	2,31	28,2	48
2	Биостим Старт (0,7 л/т) предпосевная обраб. семян	1,80	0,06	3,0	86,7	6,76	2,50	29,0	40
3	Биокомпозит- Коррект-(3,0 л/га) – внесение в почву перед посевом	1,85	0,11	5,8	85,8	6,74	2,61	28,4	43
4	Биостим зерновой (2,0 л/га+ Биостим Бор-1,0 л/га (подкормка ветвление- бутонизация)	1,87	0,13	7,0	89,0	7,36	2,76	29,2	42
5	Биостим Зерновой (2,0 л/га)+Биостим Рост (2,0 л/га) (в период плодооб-разования)	1,88	0,14	6,1	88,5	7,67	2,85	29,3	40
6	Вар. 2+3+4+5	2,01	0,27	13,8	91,2	7,94	3,37	29,8	45

Следует отметить, что и эффективность изучаемых препаратов была на 0,8-7,6% выше, чем в 2019 г., т.е. прибавка урожая зерна составила от 0,08 до 0,42 т/га. Максимальная урожайность (2,81 т/га) получена при комплексном применении органоминеральных удобрений, т.е. предпосевной обработке семян (Биостим Старт); внесении в почву (Биокомпозит Коррект) и листовых подкормок: в фазу бутонизации (Биостим зерновой + Биостим Бор) и в период плодообразования (Биостим зерновой + Биостим Рост). Одноразовое применение изучаемых удобрений было менее эффективным: урожай зерна составил 2,47-2,64 т/га, т.е. на 0,17-0,34 т/га меньше, что математически достоверно ($НСР_{05} = 0,16$ т/га).

Анализ биометрических показателей растений гречихи также показал, что уровень урожайности и эффективность действия изучаемых удобрений находятся в тесной зависимости от погодных условий ($r = 0,93 \pm 0,12$) и в наибольшей степени определяется степенью озернённости отдельного растения (табл.). Продуктивность её возрастает (на 0,34-2,02 г) на фоне увеличения длины растения (на 3,4-8,2 см) и массы (на 4,07-6,37 г). Значимость влияния метеорологических условий вегетационного периода на эти показатели высока. Так в 2020 году длина растений была больше в 1,79-1,92 раза, масса одного растения – на 6,45-12,61 г и зерна с растения – на 3,28-5,19 г, чем в 2019 году. В наименьшей степени урожайность зависит от массы 1000 зёрен, так как в годы исследований она изменялась незначительно – от 0,2 до 1,0 г.

Из приведённых данных видно, что внешние условия роста и развития культуры являются определяющим фактором в формировании урожайности гречихи, а применение удобрений менее значимо. Но эти факторы действуют не изолировано, а в тесном взаимодействии друг с другом. Поэтому, чтобы исключить влияние погодных условий вегетационного периода, оценка двухлетних данных показала, что использование разных способов применения специальных удобрений при выращивании гречихи способствуют увеличению урожая зерна на 0,06-0,27 т/га или на 3,0-13,8% по отношению к контролю (1,74 т/га). Наиболее существенное влияние на рост урожайности (13,8%) оказало применение всего комплекса испытанных удобрений.

Заключение

Таким образом, применение специальных многокомпонентных агрохимикатов, выпускаемых АО «Щёлково Агрохим»: Биостим Старт, Биокомпозит Коррект, Биостим Зерновой, Биостим Рост и Биостим Бор, для предпосевной обработки семян, внесения в почву и некорневой подкормки обеспечивают прибавки урожая зерна гречихи 0,06-0,27 т/га. Однако эффективность удобрений существенно зависит от внешних условий года, усиливая корреляционную зависимость между урожайностью и озернённостью растений ($r = 0,99 \pm 0,02$).

Лучшим вариантом по результатам двух лет изучения является комплексное применение удобрений: предпосевная обработка семян, внесение в почву и листовые подкормки, что позволяет формировать урожайность от 1,20 до 2,81 т/га в зависимости от условий вегетационного периода. При этом весьма значима эффективность взаимодействия различных способов внесения удобрений для получения дополнительного урожая, показатели долевого участия их были наибольшими и составили 10,1-17,6%. Доля влияния фактора сроки применения агрохимикатов на урожайность гречихи менее существенна и составляет всего 3,0...7,0%.

Для повышения урожайности гречихи, наряду с органоминеральными комплексными удобрениями, выпускаемыми как за рубежом, так и в России, целесообразно использовать и агрохимикаты ОА «Щёлково Агрохим» при разных способах их применения.

Литература

1. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гречихи/Методические рекомендации. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2009. – 40 с.
2. Специальные удобрения. – М.: ГК «Агропром МТД», – 2012. – 35 с.
3. Адаптивные технологии листовых подкормок. – М.: «ООО Полидон Агро», – 2012. – 30 с.

4. Каталог биопрепаратов и биоактивированных удобрений. – Уфа: БашИнком, – 2016. – 29 с.
5. Ерохин А.И. Эффективность использования биологических препаратов в предпосевной обработке семян и вегетирующих растений зернобобовых культур. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №.1 (13). – С. 29-34.
6. Голопятков М.Т. Влияние биологически активных веществ и микроудобрений на повышение и стабилизацию урожая зерна гороха. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №.1 (13). – С. 29-34.
7. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Изучение эффективности применения стимулятора роста Альфастим и органоминерального удобрения Полидон Био при возделывании сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №.2(30). – С.72-77. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11092
8. Глазова З.И. Оценка влияния некорневых подкормок на урожайность гречихи в системе сорт–подкормка–погодные условия// Земледелие. – 2016. – № 4. – С. 22-25.
9. Глазова З.И. Эффективность применения органоминеральных комплексов для листовых подкормок гречихи//Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 101-107. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098
10. Специальные удобрения. АО «Щёлково Агрохим», – 2018. – 132 с.

References

1. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva grechikhi. Metodicheskie rekomendatsii [A promising resource-saving technology for the production of buckwheat. Guidelines]. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2009, 40 p. (In Russian)
2. Spetsial'nye udobreniya. (Buklet) [Special fertilizers. (Booklet)]. Moscow, GK «Agroprom MTD», 2012, 35 p. (In Russian)
3. Adaptivnye tekhnologii listovykh podkormok [Adaptive technologies for foliar feeding]. (Booklet). Moscow, «ООО Polidon Agro», 2012, 30 p. (In Russian)
4. Katalog biopreparatov i bioativirovannykh udobrenii [Catalog of biological products and bio-activated fertilizers]. Ufa: BashInkom, 2016, 29 p. (In Russian)
5. Erokhin A.I. Effektivnost' ispol'zovaniya biologicheskikh preparatov v predposevnoi obrabotke semyan i vegetiruyushchikh rastenii zernobobovykh kul'tur [The effectiveness of the use of biological preparations in the pre-sowing treatment of seeds and vegetative plants of leguminous crops]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015,1(13), pp. 29-34. (In Russian)
6. Golopyatov M.T. Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv i mikroudobrenii na povyshenie i stabilizatsiyu urozhaya zerna gorokha [Influence of biologically active substances and microfertilizers on increasing and stabilizing the yield of pea grain]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2015,1(13), pp. 25-29. (In Russian)
7. Akulov A.S., Vasil'chikov A.G. Izuchenie effektivnosti primeneniya stimulyatora rosta Al'fastim i organomineral'nogo udobreniya Polidon Bio pri vozdelevanii soi [Study of the effectiveness of the use of the growth stimulator Alfastim and organic fertilizer Polydon Bio in the cultivation of soybeans]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, 2(30), pp. 72-77. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11092 (In Russian)
8. Glazova Z.I. Otsenka vliyaniya nekornevykh podkormok na urozhainost' grechikhi v sisteme sort-podkormka-pogodnye usloviya [Assessment of the influence of foliar dressing on buckwheat yield in the system variety-top dressing-weather conditions]. *Zemledelie*, 2016, 4, pp. 22-25. (In Russian)
9. Glazova Z.I. Effektivnost' primeneniya organomineral'nykh kompleksov dlya listovykh podkormok grechikhi [The effectiveness of using organomineral complexes for foliar feeding of buckwheat]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, 2(30), pp. 101-107. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098 (In Russian)
10. Spetsial'nye udobreniya (Broshyura) [Special fertilizers (Brochure)]. АО «Щёлково Агрохим», 2018, 132 p. (In Russian)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА СЕМЕНАХ И РАСТЕНИЯХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А.И. ЕРОХИН, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E mail: office@vniizbk.ru

Установлено положительное влияние совместного применения микроудобрений «Хелком-П4» и «Хелком-В23» на семенах и растениях зерновых культур. Применение «Хелком – П4» в дозе 0,6 л/т увеличивает длину проростков обработанных семян ячменя и яровой пшеницы (на 3 сутки проращивания) по отношению к контролю от 10,2 до 20,0%. Масса проростков была выше контрольных на 12,0-19,1%.

Обработка семян препаратом «Хелком-П4» повышает полевую всхожесть ячменя и яровой пшеницы на 5-6%, урожайность – на 0,24-0,29 т/га. Существенное увеличение урожая ячменя и яровой пшеницы получено от совместной обработки семян препаратом «Хелком-П4» и растений «Хелком-В23» в фазу флагового листа. Прибавка в урожайности составила к контролю 0,32-0,34 т/га.

В структурном анализе растений отмечено увеличение длины колоса ячменя и яровой пшеницы к контролю на 5,9-17,2%, количество семян в колосе увеличивается от 7,2 до 9,6%. Масса семян с растения превышала контроль у ячменя – на 10,4%, у яровой пшеницы - на 17,1%, масса 1000 семян соответственно – на 1,7-2,5% и 1,4-2,7%.

Ключевые слова: микроудобрения: «Хелком-П4, Хелком-В23», семена, растения, обработка, урожайность.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF MICRONUTRIENT FERTILIZERS ON SEEDS AND PLANTS OF GRAIN CROPS

A.I. Erokhin

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: A positive effect of the combined use of micronutrient fertilizers "Helkom-P4" and "Helkom-B2z" on seeds and plants of grain crops was established. The use of the preparation "Helkom-P4" at a dose of 0.6 l/t increases the length of seedlings of treated seeds of barley and spring wheat (on the 3rd day of germination) from 10.2 to 20.0%, on the seventh day from 14.4 to 19.5%. The weight of seedlings was 12.0-19.1% higher than the control.

Seed treatment with the "Helkom-P4" microfertilizer increases the field germination of barley and spring wheat by 5-6%, yield by 0.24-0.29 t/ha. An increase in the yield of barley and spring wheat was obtained from the combined treatment of seeds with the "Helkom-P4" and plants "Helkom-B2z" in the phase of the flag leaf. The increase in yield was 0.32-0.34 t/ha to the control. In the structural analysis of plants, an increase in the length of an ear of barley and spring wheat, as compared to the control, by 5.9-17.2%, the number of seeds in an ear from 7.2-9.6% was noted. The weight of seeds per plant exceeded the control for barley by 10.4%, for spring wheat - by 17.1%, the weight of 1000 seeds exceeded 1.7-2.5% and 1.4-2.7%, respectively.

Keywords: micronutrient fertilizers "Helkom-P4, Helkom-B2z", seeds, plants, treatment, yield.

В современном аграрном производстве семена с высокими посевными качествами имеют первостепенное значение. Использование кондиционных семян на посевные цели является основной задачей увеличения урожайности [1]. В настоящее время особое место

занимает предпосевная обработка семян различными видами препаратов, обеспечивающими хорошее формирование высокопродуктивных посевов [2, 3].

В последние годы, в нашей стране, значительно возрос интерес к микроудобрениям в связи с их положительным влиянием на рост, развитие растений, увеличением урожайности, получением экологически чистой продукции, а также резким сокращением применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры из-за высоких затрат на их приобретение и внесение [4, 5, 6]. Изучение микроудобрений «Хелком-П4 и Хелком-В23» на яровых зерновых культурах в условиях Орловской области ранее не проводилось. Нами изучено применение микроудобрений на семенах и растениях ячменя, яровой пшеницы с целью улучшения посевных качеств обработанных семян и повышения продуктивности растений.

Материал и методы исследований

Исследования проводили на сорте ячменя Атаман и сорте яровой пшеницы Дарья с применением микроудобрений «Хелком-П4» и «Хелком-В23». Микроудобрение «Хелком-П4» содержит в своём составе микроэлементы: медь, марганец, цинк, бор, а «Хелком-В23» - медь, марганец, цинк, магний, молибден, железо и также бор. Препаративная форма микроудобрений – водный концентрат. Производство препаратов - ООО «Сейбит», республика Беларусь. Микроудобрение «Хелком-П4» – предназначено для предпосевной обработки семян зерновых культур и льна, а «Хелком-В23» для обработки посевов зерновых культур по вегетации растений. Доза применения «Хелком-П4» на семенах ячменя и яровой пшеницы составляла – 0,6л на 10 литров воды и на тонну семян. В лабораторных условиях обработанные семена проращивали в песке и рулонах фильтровальной бумаги по ГОСТ 12038-84. Контроль опыта – необработанные семена.

Полевые опыты проведены в севообороте лаборатории семеноведения и первичного семеноводства. Почвы опытного участка тёмно-серые, лесные, средне – суглинистые, мощность 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 грамм почвы. Наличие в пахотном слое микроэлементов в расчёте на 1 килограмм абсолютно сухой почвы, составляет: меди-0,17, железа-7,54, марганца-8,4, бора-0,79, кобальта-0,047 мг, рН солевой вытяжки – 5,0-5,5. В целом характеристика почв соответствует для роста и развития растений зерновых культур. Посев ячменя и яровой пшеницы проводили селекционной сеялкой СКС – 6-10. Норма высева ячменя 4,5 млн., яровой пшеницы 5,5 млн. всхожих семян на гектар. Размер опытных делянок - 10 м², повторность шестикратная, размещение делянок рендомизированное. В полевых условиях обработку растений ячменя и яровой пшеницы проводили из расчёта 2 литра микроудобрения «Хелком-В23» на 250-300 литров воды и на один гектар. Растения обрабатывали в фазу флагового листа.

В период появления полных всходов ячменя и яровой пшеницы проведён учёт полевой всхожести. Перед уборкой с делянок отобраны образцы растений для структурного анализа. Урожай учитывали поделочно. Результаты опытов по урожайности обработаны математически методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты исследований

В лабораторных опытах установлено, что применение препарата «Хелком-П4» в дозе- 0,6 л/т на семенах ячменя увеличивает длину проростков обработанных семян (на 3 сутки проращивания) от 10,2 до 13,6%, яровой пшеницы – на 15,0-20,0% к контролю. На седьмые сутки проращивания длина проростков (корешков и ростков) у семян ячменя превышала контрольные проростки на 14,4-19,5%, у яровой пшеницы – на 16,9-18,2%. У ячменя масса проростков была выше контрольных на 12,0-19,1%, у яровой пшеницы – на 12,6-14,2% (табл. 1). Энергия прорастания и лабораторная всхожесть обработанных препаратом семян превышали эти показатели в контроле - на 2-4%.

Препараты «Хелком-П4» и «Хелком-В23» увеличивают высоту растений ячменя и яровой пшеницы – на 17,5%, зелёную массу растений – на 20,8-26,9%, по сравнению с

контрольными растениями. Обработанные семена ячменя препаратом «Хелком-П4» повышают полевую всхожесть на 6%, урожайность – на 0,29 т/га (8,0%).

Таблица 1

Влияние препарата «Хелком-П4» на длину проростков обработанных семян зерновых культур, среднее за 2011-2013 гг.

Варианты опыта	Длина проростков, см				Масса проростков, г	
	на 3-и сутки проращивания		на 7-е сутки проращивания			
	корешков	ростков	корешков	ростков	корешков	ростков
Ячмень						
Контроль	5,9	2,2	12,8	10,4	11,7	8,9
Препарат «Хелком-П4» - обработка семян	6,5	2,5	15,3	11,9	13,1	10,6
Яровая пшеница						
Контроль	5,0	2,0	14,3	11,8	11,1	8,4
Препарат «Хелком-П4» - обработка семян	6,0	2,3	16,9	13,8	12,5	9,6

От обработки семян «Хелком-П4» и опрыскивания вегетирующих растений «Хелком-В23» получена существенная прибавка в урожае ячменя. Она составила к контрольному варианту 0,34 т/га или 9,2% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние препаратов «Хелком-П4, Хелком-В23» на полевую всхожесть семян и урожайность зерновых культур, среднее за 2012-2013 гг.

Варианты опыта	Полевая всхожесть семян, %	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
Ячмень				
Контроль	79	3,68	-	-
Обработка семян препаратом «Хелком-П4»	85	3,97	0,29	7,9
Обработка семян препаратом «Хелком-П4» + обработка растений «Хелком-В23»	-	4,02	0,34	9,2
НСР ₀₅		0,08		
Яровая пшеница				
Контроль	82	2,13	-	-
Обработка семян препаратом «Хелком-П4»	87	2,37	0,24	11,3
Обработка семян препаратом «Хелком-П4» + обработка растений «Хелком-В23»	-	2,45	0,32	15,0
НСР ₀₅		0,10		

В полевых условиях всхожесть семян яровой пшеницы, обработанных препаратом «Хелком – П4» была выше полевой всхожести контрольного варианта на 5%. Прибавка в урожайности составила в 2012 году – 0,15 т/га, в 2013 – 0,33 т/га, а в среднем за два года – 0,24 т/га или 11,3%. Лучшие результаты в урожае получены от обработки семян «Хелком-П4» и растений «Хелком-В23». По сравнению с контрольным вариантом урожайность

яровой пшеницы составила в 2012 году – 0,23 т/га (13,5%), в 2013 – 0,41 т/га (16,0%). В среднем за два года прибавка в урожайности превышала контроль на 0,32 т/га или 15,0%. От действия микроудобрений «Хелком-П4» и «Хелком-В23» отмечено увеличение длины колоса у ячменя - на 5,9-10,3%, у яровой пшеницы – на 12,5-17,2%. Количество семян в колосе ячменя и яровой пшеницы увеличено на 7,2-9,6% к контролю (табл. 3).

Таблица 3

Элементы продуктивности растений зерновых культур под действием препаратов «Хелком-П4» и «Хелком-В23», среднее за 2012-2013 гг.

Варианты опыта	Длина колоса, см	Количество семян в колосе, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
Ячмень				
Контроль	6,8	20,8	0,96	48,0
Препарат «Хелком-П4» -обработка семян	7,2	21,7	1,03	48,8
Семена, обработанные препаратом «Хелком-П4» + обработка растений «Хелком-В23»	7,5	22,3	1,06	49,2
Яровая пшеница				
Контроль	6,4	24,6	0,82	36,7
Препарат «Хелком-П4» -обработка семян	7,2	25,8	0,92	37,2
Семена, обработанные препаратом «Хелком-П4» + обработка растений «Хелком-В23»	7,5	27,0	0,96	37,7

Масса семян с одного растения превышала контроль у ячменя на 10,4%, у яровой пшеницы – на 17,1%, масса 1000 семян - на 1,7-2,5% и 1,4-2,7%, соответственно. Следовательно, микроудобрения «Хелком-П4» и «Хелком-В23» положительно влияют на посевные качества семян и урожайность яровых зерновых культур – ячменя, яровой пшеницы.

Заключение

Применение на семенах микроудобрения «Хелком-П4» в дозе 0,6 л/т увеличивает длину проростков обработанных семян ячменя и яровой пшеницы к контрольному варианту на 10,2-20,0%, повышает полевую всхожесть семян на 5-6%, а урожайность - на 0,24-0,29 т/га. Лучшие результаты в урожайности получены от совместного применения микроудобрений «Хелком-П4 на обработке семян и «Хелком-В23» на обработке растений ячменя и яровой пшеницы в фазу флагового листа, где превышение урожайности над контролем составило - 0,32-0,34 т/га. Микроудобрения увеличивают элементы продуктивности растений ячменя и яровой пшеницы - длину колоса, количество семян в колосе, массу семян, а также массу 1000 семян на 1,4-2,7%.

Литература

- 1.Лукина Е.А., Крицкий А.Н., Федотов В.А., Кадыров С.В. Семеноведение и семенной контроль: учебное пособие под редакцией В.А. Федотова. Воронеж: ФГБОУ ВПО. Воронежский ГАУ, – 2012. – С.-1-9.
- 2.Зотиков В.И., Павловская Н.Е., Ерохин А.И. Семеноведение - основа эффективного растениеводства. Проблемная лекция. Изд. ГНУ ВНИИЗБК. – 2012. – 60 с.
- 3.Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Латынцева Е.В. Эффективность применения жидких удобрений для внекорневой подкормки зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4 (12). – С. 129 -133.
- 4.Ильин Е. А. Комплексное органоминеральное удобрение Гумат калия жидкий торфяной // Проспект. Москва, – 2004. – С. 3-46.

5. Ковалев В.М., Янина М.М. Методологические принципы и способы применения рострегулирующих препаратов нового поколения в растениеводстве. // Аграрная Россия. – 1999. – № 1 (2). – С.22-27.
6. Наумова Г.В., Овчинникова Т.Ф., Жмакова Н.А. и др. Новые гуминовые регуляторы роста растений, технология и эффективность их применения //Регуляторы роста и развития растений. Тезисы 3 Международной конференции – М.: – 1995. – 167 с.

References

1. Lukina E.A., Kritskii A.N., Fedotov V.A., Kadyrov S.V. Semenovedenie i semennoi kontrol': uchebnoe posobie [Seed science and seed control: a tutorial.]. Voronezh: FGBOU VPO *Voronezhskii GAU*, 2012, pp.-1-9. (In Russian)
2. Zotikov V.I., Pavlovskaya N.E., Erokhin A.I. Semenovedenie - osnova effektivnogo rastenievodstva. Problemnaya leksiya [Seed science is the basis of effective crop production. Problem lecture]. *GNU VNII ZBK Publ.*, 2012, 60 p. (In Russian)
3. Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V. Effektivnost' primeneniya zhidkikh udobrenii dlya vnekornevoi podkormki zernovykh kul'tur [The effectiveness of the use of liquid fertilizers for foliar feeding of grain crops]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* 2014, 4 (12), Orel, FGBNU VNII ZBK Publ., pp.129 -133. (In Russian)
4. Il'in E. A. Kompleksnoe organomineral'noe udobrenie Gumat kaliya zhidkii torfyanoi [Complex organomineral fertilizer Potassium humate liquid peat]. Prospekt. Izd. Moscow Publ., 2004, pp.3- 46. (In Russian)
5. Kovalev V.M., Yanina M.M. Metodologicheskie printsipy i sposoby primeneniya rost reguliruyushchikh preparatov novogo pokoleniya v rastenievodstve. Nauchno - proizvodstvennyi byulleten' [Methodological principles and methods of application of new generation growth regulating preparations in crop production. Scientific and production bulletin.]. *Agrarnaya Rossiya*, no.1 (2), 1999, pp. 22-27. (In Russian)
6. Naumova G.V., Ovchinnikova T.F., Zhmakova N.A. et al. Novye guminovye regulatory rosta rastenii, tekhnologiya i effektivnost' ikh primeneniya. Regulatory rosta i razvitiya rastenii. Tezisy 3 Mezhdunarodnoi konf. [New humic plant growth regulators, technology and efficiency of their application. Plant growth and development regulators. Abstracts of the 3rd International Conference]. Moscow, 1995, 167 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-85-90

УДК 631.82:631.559:633.358

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ГОРОХА СОРТА ФОКОР

Л.А. ПИСКАРЕВА, кандидат с.-х. наук, ORCID ID 0000-0001-6624-0179

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

E-mail: niish1c@mail.ru

В статье приводятся результаты исследований в условиях юго-востока ЦЧЗ по формированию урожайности зерна гороха в зависимости от доз применения агрохимических средств и их влияние на качество зерна. В ходе исследований рассмотрено влияние удобрений на урожайность, содержание элементов питания в растениях и качество зерна гороха.

Установлено, что применение удобрений под горох достоверно повышает урожайность. Максимальная прибавка получена на варианте с непосредственным внесением минеральных удобрений под горох в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ и двух некорневых подкормок агропрепаратами. Снижение и увеличение дозы внесения удобрений вело к снижению урожайности зерна гороха.

Ключевые слова: горох, урожайность, уровень удобренности, агропрепараты, качество зерна.

THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND THE QUALITY OF THE GRAIN OF THE FOCOR PEA VARIETY

L.A. Piskareva

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

E-mail: niish1c@mail.ru

Abstract: *The article presents the results of research in the conditions of the south-east of the Central Agricultural District on the formation of the yield of pea grain depending on the doses of agrochemical agents and their impact on the quality of grain. In the course of the research, the influence of fertilizers on the yield, the content of nutrients in plants and the quality of pea grain was considered.*

It was found that the use of fertilizers for peas significantly increases the yield. The maximum increase was obtained on the variant with the direct application of mineral fertilizers for peas at a dose of $N_{40}P_{40}K_{40}$ and two non-root top-ups of agricultural products. Reducing and increasing the dose of fertilizer application led to a decrease in the yield of pea grain. The applied agricultural products also provided an increase in the grain yield.

Keywords: peas, yield, fertilization level, agricultural products, grain quality

Горох является одной из основных зернобобовых культур в нашей стране. Он является источником белка, крахмала, минеральных и биологически активных веществ. По своим потребительским и средообразующим качествам горох по праву занимает одно из ведущих мест среди бобовых культур. Зерно гороха используется как в качестве корма для животных, так и для использования в кулинарии, поэтому увеличение урожайности и повышение качества семян в настоящее время находится в центре внимания мировой науки и практики [1, 2, 3].

Главенствующая роль в вопросах поддержания высокой продуктивности земледелия и получения продукции высокого качества принадлежит системе применения удобрений [4].

Исследования ученых свидетельствуют о том, что удобрения дают наивысшую отдачу тогда, когда они применяются в строгой научно обоснованной системе с учетом свойств почв и самих удобрений, климатических условий, биологических особенностей культур, агротехники возделывания [5]. Основным условием экономически обоснованного и экологически безопасного применения удобрений при возделывании различных культур является их использование в агротехнологиях различного уровня интенсификации (дозы, сроки, способы применения при оптимальном соотношении элементов питания). Основное место в таких технологиях занимает использование биопрепаратов, стимуляторов роста и бактериальных удобрений, применение которых становится экономически выгодным и экологически целесообразным [6]. Современные регулирующие препараты антистрессового действия при обработке семян и растений повышают иммунную систему, устойчивость проростков к болезням и вредителям, улучшают посевные качества семян и повышают продуктивность растений [7].

Исследованиями, проведенными на черноземе обыкновенном в Приморской зоне Ростовской области, установлено, что в данной почвенно-климатической зоне при длительном внесении минеральных удобрений максимальная урожайность зерна гороха – 21,8 и 21,7 ц/га получена при внесении минеральных удобрений в дозах P_{40} и $N_{30}P_{40}K_{30}$ [8]. Установлено, что применение на семенах гороха экспериментального препарата (в концентрации – $10^{-4}\%$) увеличивает как рост и развитие проростков обработанных семян, так и урожайность семян гороха [9].

Целью настоящих исследований является получение новых знаний для разработки научно – обоснованных и экономически целесообразных приемов совместного применения минеральных удобрений и регуляторов роста растений в технологии возделывания гороха на черноземных почвах Воронежской области с различным уровнем обеспеченности элементами минерального питания.

Условия, материалы и методы

Научные исследования по разработке приемов совместного применения минеральных удобрений и агропрепаратов в технологии возделывания гороха в зернопропашном севообороте проводились в стационарном трехфакторном опыте Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднегумусный, среднесиловой, тяжелосуглинистый со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса – 7,0%, pH_{kcl} – 7,0%, гидролитическая кислотность – 1,3 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 46,1 мг-экв/100 г почвы, валовое содержание азота – 0,297%, фосфора – 0,170%, калия – 1,82%. Содержание подвижных форм фосфора и калия колеблется соответственно от 70 до 120 и от 65 до 115 мг/кг почвы.

Климат зоны, где проводились исследования, характеризуется умеренной континентальностью с относительно холодной зимой, жарким, нередко засушливым летом, температурными колебаниями в течение года. Средняя температура в течение года составляет $+5,7^{\circ}C$. Самый теплый месяц – июль, его средняя температура $+20,1^{\circ}C$. Континентальность усиливается с северо-запада на юго-восток. Здесь один раз в 3-4 года отмечаются засухи. Годовое количество атмосферных осадков колеблется от 500 мм на северо-западе, до 400 мм на юго-востоке. Максимум их приходится на июнь-июль. Сумма среднесуточных активных температур ($+10^{\circ}C$ и выше) на северо-западе области составляет $2500-2600^{\circ}C$, а на юго-востоке достигает $2800-3000^{\circ}C$.

Закладку опыта и математическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова [10]. В схему стационарного опыта включены три фактора. Фактор первого порядка (уровни удобренности севооборота) включает четыре уровня удобренности: 1 – без удобрений; 2 – $(NPK)_{51,4}$; 3 – $(NPK)_{102,8}$; 4 – $(NPK)_{154,2}$. С момента закладки опыта (2011-2012 гг.) на варианты первого порядка внесено соответственно $N_0P_0K_0$, $N_{110}P_{110}K_{110}$, $N_{240}P_{210}K_{210}$, $N_{390}P_{300}K_{300}$. Непосредственно перед основной обработкой почвы под горох на варианты первого порядка внесено $(NPK)_0$, $(NPK)_{20}$, $(NPK)_{40}$, $(NPK)_{60}$. Фактор второго порядка – двукратная некорневая обработка посевов гороха агропрепаратами в период вегетации пяти

листьев и в фазу бутонизации: 1 – без обработки, 2 – обработка Акварином-5 в дозе по 3,0 кг/га; 3 – обработка S.PROGEN growth в дозе по 0,4 кг/га; 4 – обработка Аквадон-Микро в дозе по 3,0 л/га; 5 – обработка Гуми-20М богатый в дозе по 1,0 л/га. Фактор третьего порядка – сорт гороха Фокор.

Опыт заложен в трехкратной повторности. Размещение повторений и делянок систематическое. Схема опыта построена по методу расщепленных делянок. Делянки первого порядка (удобрение) – 21,6 х 55 м, площадь 1188 м². Делянки второго порядка (сорт) – 21,6 х 11 м², площадь 237,6 м². Минеральные удобрения вносились осенью под основную обработку почвы.

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные экспериментальные данные за 2015-2017 гг., свидетельствуют, что улучшая плодородие чернозема обыкновенного, средства химизации повышают продуктивность гороха. Увеличение норм внесения минеральных удобрений способствовало достоверному повышению урожайности (табл. 1). Урожайность зерна гороха от минеральных удобрений составила в среднем за три года от 23,9 ц/га до 28,2 ц/га. Средняя прибавка по всем фонам удобренности составила от 2,8 ц/га до 4,3 ц/га. Если на безудобренном фоне урожайность гороха составила 23,9 ц/га, то на удобренном фоне N₂₀P₂₀K₂₀ – 26,7 ц/га, что на 11,7% больше. Самый высокий сбор гороха обеспечил вариант с непосредственным внесением под горох N₄₀P₄₀K₄₀. Увеличение дозы внесения удобрений до N₆₀P₆₀K₆₀, как и снижение до N₂₀P₂₀K₂₀ вели к снижению продуктивности.

Таблица 1

Влияние применения удобрений на урожайность гороха (2015-2017 гг.), ц/га

Влияние применения удобрений на урожайность гороха (2015-2017 гг.), ц/га						
Фон удобренности, NPK		Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га
за период проведения опыта	под горох	годы			в среднем за три года	
		2015	2016	2017		
N ₀ P ₀ K ₀	N ₀ P ₀ K ₀	38,4	10,0	23,3	23,9	-
N ₁₁₀ P ₁₁₀ K ₁₁₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	41,3	11,9	27,0	26,7	2,8
N ₂₄₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	41,9	13,3	29,3	28,2	4,3
N ₃₉₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	40,8	13,4	27,4	27,2	3,3
В среднем		40,6	12,1	26,7	26,5	2,6

Наиболее высокий сбор зерна гороха получен в благоприятном 2015 году и самый низкий – в неблагоприятном для гороха 2016 году.

Включение в технологию возделывания гороха двух некорневых подкормок агропрепаратами (табл. 2) способствовало существенному повышению урожайности зерна.

Таблица 2

Влияние применения агропрепаратов на урожайность гороха на различных уровнях удобренности (среднее за 2015-2017 гг.), ц/га

Агропрепараты	Уровень удобренности				В среднем по агропрепаратам (НСР _{0,5} = 1,7 ц/га)
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
Без агропрепарата	23,9	26,7	28,2	27,2	26,5
Акварин-5	27,0	29,0	29,5	28,2	28,4
S.PROGEN growth	28,7	29,2	30,3	31,2	29,9
Аквадон-Микро	29,7	30,9	31,3	32,1	31,0
Гуми-20М богатый	28,2	31,1	33,6	33,3	31,6
В среднем по уровню удобренности (НСР _{0,5} = 0,7 ц/га)	27,5	29,4	30,6	30,4	

В среднем, не зависимо от агропрепаратов, на варианте без внесения минеральных удобрений средняя урожайность зерна составила 27,5 ц/га. На фоне рекомендуемой дозы N₂₀P₂₀K₂₀ урожайность составила 29,4 ц/га, что на 190 кг превышает контрольный вариант.

На варианте с уровнем удобренности $N_{40}P_{40}K_{40}$ превышение составляет 3,1 ц/га. На данном варианте получена максимальная урожайность – 30,6 ц/га. Относительно агрофона $N_{20}P_{20}K_{20}$ это превышение составило 1,2 ц/га или 4,1%. При увеличении дозы внесения удобрений до 60 кг д.в. получили урожай зерна 30,4 т/га, что превышает нулевой уровень на 2,9 ц/га. Относительно агрофона $N_{40}P_{40}K_{40}$ наблюдалось снижение урожая на 20 кг.

Эффективность применяемых агрохимикатов существенно различалась как от доз минеральных удобрений, внесенных под данную культуру, так и уровней удобренности в целом. Применяемые агропрепараты способствовали повышению урожайности гороха в среднем от 26,5 ц/га до 31,6 ц/га по четырем изучаемым агрофонам при НСР_{0,5} 1,7 ц/га. Если урожайность гороха на естественном агрофоне составила 23,9 ц/га, то двукратная обработка растений агропрепаратом Акварин-5 дала прибавку 3,0 ц/га (13%). Далее по эффективности действия на урожайность следует агропрепарат S.PROGEN growth, повышающий этот показатель на 20%. При обработке посевов микроэлементным агропрепаратом Аквадон-Микро была получена максимальная прибавка – 24,3%. Эффективность агропрепарата Гуми-20М богатый относительно контрольного варианта составила 4,3 ц/га (18%), а относительно препарата Аквадон-Микро ниже на 5,3%.

На вариантах с внесением различных доз минеральных удобрений установлено, что наилучшее сочетание изучаемых факторов достигается при основном внесении $N_{40}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ с агрохимикатами Гуми-20М богатый и Аквадон-Микро. В среднем за три года на этих вариантах опыта урожайность гороха составила от 32,1 до 33,6 ц/га. Наибольшая прибавка урожая получена от обработки посевов комплексным биоактивированным удобрением Гуми-20М богатый, где прибавка на разных уровнях удобренности составила 16,5; 19,1; 22,4%. Эффективность применяемых удобрений кроме урожайности так же характеризуется динамикой содержания основных питательных веществ в растениях.

Результаты исследований показали, что повышение уровня удобренности, не зависимо от агрохимикатов, оказало незначительное влияние на динамику азота в растениеводческой продукции гороха в фазу бутонизации (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав растений гороха (среднее за 2015-2017 гг.), % абс. сухого вещества

Уровни удобренности	Агропрепарат	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀ P ₀ K ₀	без агропрепарата	2,35	0,40	1,32
	Акварин-5	2,70	0,49	1,33
	S.PROGEN growth	2,73	0,48	1,40
	Аквадон-микро	2,82	0,48	1,41
	Гуми-20М богатый	2,77	0,50	1,38
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	без агропрепарата	2,61	0,41	1,29
	Акварин-5	2,34	0,49	1,23
	S.PROGEN growth	2,53	0,50	1,27
	Аквадон-микро	2,42	0,50	1,14
	Гуми-20М богатый	2,56	0,55	1,46
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	без агропрепарата	2,65	0,46	1,39
	Акварин-5	2,46	0,50	1,29
	S.PROGEN growth	2,83	0,50	1,17
	Аквадон-микро	2,49	0,50	1,37
	Гуми-20М богатый	2,45	0,55	1,22
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	без агропрепарата	2,74	0,46	1,47
	Акварин-5	2,77	0,51	1,38
	S.PROGEN growth	3,07	0,51	1,32
	Аквадон-микро	2,78	0,50	1,47
	Гуми-20М богатый	2,95	0,54	1,33

На вариантах уровня удобренности $N_{20}P_{20}K_{20}$ количество азота в растениях составляло 2,61%, на уровне $N_{40}P_{40}K_{40}$ этот показатель составлял 2,65%, на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 2,74%. В

процентном выражении превышение концентрации азота в растениях гороха относительно естественного уровня плодородия составило соответственно 11,1; 12,8; 16,6%. В среднем по вариантам повышение азота на 7,1% относительно контрольного варианта оказало лишь внесение 60 кг д.в. N/га. Увеличение концентрации фосфора в растениях гороха изменялось по уровням удобренности аналогичным образом – при внесении удобрений в дозе $N_{20}P_{20}K_{20}$ на 2,76%, на фоне $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 14,5 %, на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 16,3%. Изучаемые уровни удобренности не оказали существенного влияния на накопление в растениях гороха калия.

В процессе исследований была проведена оценка качественных показателей полученного зерна гороха (табл. 4).

Таблица 4

**Качественные показатели семян гороха сорта Фокор (среднее за 2016-2017 гг.),
% абс. сухого вещества**

Качественные показатели	Агропрепараты				
	без агропрепарата	Акварин-5	S.PROGEN growth	Аквадон-микро	Гуми-20М богатый
$N_0P_0K_0$					
Белок	23,6	23,5	23,6	23,4	23,0
Крахмал	50,7	50,8	49,9	49,9	49,2
$N_{20}P_{20}K_{20}$					
Белок	23,9	23,4	24,0	24,0	24,4
Крахмал	49,2	49,7	49,2	49,3	49,1
$N_{40}P_{40}K_{40}$					
Белок	22,7	22,9	23,1	23,5	24,0
Крахмал	49,7	49,3	49,1	49,2	49,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$					
Белок	23,6	23,4	23,7	23,2	23,7
Крахмал	48,4	48,3	48,0	47,1	47,4

Результаты исследований показали, что в среднем на всех фонах удобренности содержание белка в зерне оставалось примерно на одном уровне – 23,2-23,9% абс. сухого вещества.

Включение в технологию возделывания гороха каждого из агропрепаратов, изученных в опыте, оказало очень слабое влияние на увеличение белка в зерне. Повышению содержания белка способствовало применение агропрепарата Гуми-20М – 0,5% абс. сухого вещества на уровне удобренности $N_{20}P_{20}K_{20}$. На уровне $N_{40}P_{40}K_{40}$ увеличение белка наблюдалось от препарата S.PROGEN growth – 0,4%, Аквадон-микро – 0,8%, Гуми-20М богатый – 1,3% абс. сухого вещества.

Заключение

Таким образом, включение в технологию возделывания гороха минеральных удобрений в дозах от $N_{20}P_{20}K_{20}$ до $N_{60}P_{60}K_{60}$ и двух подкормок агропрепаратами различного спектра действия обеспечивает существенное повышение его продуктивности. Самый высокий сбор зерна обеспечил вариант с непосредственным внесением под горох $N_{40}P_{40}K_{40}$. Увеличение дозы внесения удобрений до $N_{60}P_{60}K_{60}$, как и снижение до $N_{20}P_{20}K_{20}$ вели к снижению продуктивности зерна гороха. Применяемые агропрепараты обеспечили прибавку урожая зерна гороха от 1,9 до 5,1 ц/га по всем вариантам опыта.

Концентрация азота в растениях гороха на фоне удобренности $N_{20}P_{20}K_{20}$ на 11,1% выше, чем на агрофоне $N_0P_0K_0$. С повышением нормы удобренности концентрация азота повышается до 16,6%. Концентрация фосфора в растениях гороха изменялась по уровням удобренности аналогичным образом. На накопление в растениях гороха калия изучаемые уровни удобренности не оказали существенного влияния.

При обработке растений препаратом Гуми-20М богатый на фоне удобренности $N_{40}P_{40}K_{40}$ содержание белка в зерне гороха составило 24,0% (контроль 22,7%), превышение составило 1,3%.

Литература

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) // – М.: Агрорус, – 2004. – 1109 с.
2. Уваров В.Н., Костикова Н.О., Задорин А.М. Результаты селекции на урожайность и качество семян гороха // Земледелие. – 2015. – № 5. – С. 40-41.
3. Лукина Е.А., Федотов В.А., Крицкий А.Н., Кадыров С.В. Семеноведение и семенной контроль: учебное пособие под редакцией В.А. Федотова. Изд. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ – 2013. – 306 с.
4. Мязин Н.Г. Система удобрения. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, – 2009. – 305 с.
5. Новичихин А.М., Мухина С.В., Турусов О.В. Эффективность минеральных удобрений на черноземах Каменной Степи с различной обеспеченностью элементами питания // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 5. – С. 34-36.
6. Брыкалов А.В. Современные удобрения и регуляторы роста растений для применения в сельском хозяйстве. – Краснодар: Кубанский ГАУ. – 2012. – 168 с.
7. Гафуров Р.Г. Стратегия направленного химического синтеза фиторегуляторов и стресспротекторов нового поколения и результаты их испытаний // Тезисы VI Международной конференции «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологии» – М.: МСХА. – 2001. – 87 с.
8. Целуйко О.А., Парамонов А.В. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, 2019. - № 4 (32). – С. 46-51. DOI:10.24411/2309-348X2019-11131
9. Ерохин А.И. Эффективность применения препарата на основе лектинов зернобобовых культур в предпосевной обработке семян и вегетирующих растений гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2019. - № 2 (30). – С. 48-53. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11087
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Изд. 5-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351с.

References

1. Zhuchenko A. A. Resource potential of grain production in Russia (theory and practice). Moscow: *Agrorus*, 2004, 1109 p. (In Russian)
2. Uvarov V. N., Kostikova N. O., Zadorin A.M. Results of selection in productivity and quality of pea seeds. *Agriculture*, 2015, No. 5, pp. 40-41. (In Russian)
3. Zabolotskikh V.V. Influence of soil tillage minimization on pea yield and agroecological parameters of chernozem of southern carbonated Northern Kazakhstan. V. V. Zabolotskikh . Autoreferat na soiskanzh uch. step. Candidate of Agricultural Sciences, Krasnoyarsk. 2014, 19 p. (In Russian)
4. Lukina E.A., Fedotov V.A., Kritsky A.N., Kadyrov S.V. Seed science and seed control: a textbook edited by V. A. Fedotov. Ed. Voronezh: FGBOU VPO Voronezh State University, 2013, 306 p. (In Russian)
5. Novichikhin A.M. Efficiency of mineral fertilizers on the chernozems of the Stone Steppe with different supply of food elements (Novichikhin A.M., Mukhina S.V., Turusov O.V. Achievements of science and technology of agriculture), 2012, No. 5, pp. 34-36. (In Russian)
6. Brykalov A.V. Modern fertilizers and plant growth regulators for use in agriculture, Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2012, 168 p. (In Russian)
7. Gafurov R. G. Strategy of directed chemical synthesis of phytochemicals and stressprotectors of the new generation and results of their tests. R. G. Gafurov . Theses of the VI International Conference "Regulators of plant growth and development in biotechnology" - Moscow: MSHA, 2001, 87 p. (In Russian)
8. Tseluiko O.A., Paramonov A.V. The influence of long-term use of fertilizers on the yield of Grain legumes and cereals, *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019. - No. 4 (32). - pp. 46-51.
9. Erokhin A.I. The effectiveness of the use of a preparation based on lectins of leguminous crops in pre-sowing treatment of seeds and growing plants of peas. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019. - No. 2 (30). - pp. 48-53.
10. Dospekhov B.A. Field experiment technique / Ed. 5th, revised, Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p.

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-91-96

УДК 633.11.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

Н.А. СТЕПАНОВА, старший научный сотрудник

В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук

Ж.В. СТАРИКОВА, В.А. КОСТРОМИЧЕВА, научные сотрудники

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В статье приводятся экспериментальные данные по определению продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов. Важную роль для селекции играет создание экспрессных методов точной идентификации главных физиолого-генетических систем, повышающих урожайность в данной конкретной среде, а не генетическая характеристика количественного признака, которая обязательно изменится в другой среде. Индексы широко работают в селекционных технологиях. Однако их использование требует тщательного анализа и информативности на фоне разных лимитирующих факторов внешней среды. Проведённые исследования на селекционном материале яровой мягкой пшеницы показали, что при оценке на продуктивность, во взаимосвязи «генотип-среда», наибольшая информативность получена при оценке в совокупности по четырём индексам: мексиканский – Мх (соотношение масса зерна с колоса к высоте растения), канадский – Кі, (число зерен в колосе к длине колоса), линейной плотности колоса - ЛПК (масса зерна с колоса к длине колоса), потенциала колоса - ИПК (длина колоса к высоте растений). Использование дополнительной информации о других признаках и учете всевозможных взаимосвязей между признаками поможет достичь наиболее эффективного индексного отбора. Наиболее достоверные взаимосвязи между селекционными индексами и урожайностью селекционных сортообразцов яровой мягкой пшеницы были выявлены при помощи корреляционного анализа. Была определена продуктивность новых сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Орловской области на основе подбора соответствующего селекционного материала по селекционным индексам. Лучшими селекционными индексами характеризовались сорта яровой мягкой пшеницы Мандарина, Ласка и Памяти Коновалова.

Ключевые слова: селекционный индекс, яровая мягкая пшеница, исходный материал, урожайность, число зёрен в колосе, масса зерна с колоса, длина колоса, высота растений.

DETERMINATION OF THE PRODUCTIVITY OF SPRING SOFT WHEAT BASED ON BREEDING INDICES

N.A. Stepanova, V.S. Sidorenko, Zh.V. Starikova, V.A. Kostromicheva

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *This article provides experimental data on the study of breeding material of spring bread wheat. An important role for breeding is played by the creation of express methods for accurate identification of the main physiological and genetic systems that increase productivity in a given specific environment, and not the genetic characteristic of a quantitative trait, which will necessarily change in another environment. Indexes are widely used in breeding technologies. However, their use requires a careful analysis of their information content against the background of various limiting factors of the external environment. The studies carried out at the FSBSI Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops on breeding material of spring bread wheat showed that when assessing productivity, in the relationship "genotype-environment", the greatest information content was obtained when assessing in aggregate according to four indices: Mexican -*

Mx (the ratio of grain weight from ear to height plants), Canadian - Ki, (the number of grains per ear to the length of the ear), the linear density of the ear - LPA (weight of grain from the ear to the length of the ear), the potential of the ear - IPK (the length of the ear to the height of plants). Using additional information on other traits, and taking into account all possible relationships between characteristics will help to achieve the most effective index selection. The most reliable relationships between the breeding indices and the yield of breeding varieties of spring bread wheat were identified using correlation analysis. The productivity of new varieties of spring soft wheat, adapted to the conditions of the Oryol region, was determined on the basis of the selection of the appropriate breeding material for breeding indices. The best breeding indices were characterized by the varieties of spring soft wheat Mandarin, Laska and Pamyati Kononov.

Keywords: breeding index, spring soft wheat, source material, yield, number of grains per ear, grain weight per ear, ear length, plant height.

Введение

Важную роль для селекции имеет создание экспрессных методов точной идентификации главных физиолого-генетических систем, которые повышают урожайность в данной конкретной среде, а не генетическая характеристика количественного признака, которая обязательно изменится в другой среде. Селекционер ведёт отбор по нескольким признакам. Объединение селекционных признаков в селекционные индексы принесет наибольшую результативность данной работы. При расчёте селекционного индекса учитывают, как фенотипические, так и генотипические корреляции между признаками и компонентами индекса [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Селекционные индексы могут быть использованы для одновременной селекции по нескольким признакам или повышения эффективности отбора по одному признаку.

Цель исследований: определить продуктивность новых сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Орловской области на основе подбора соответствующего селекционного материала по селекционным индексам.

Материалы и методика исследований

Экспериментальные посевы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – пар. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Общая площадь каждой делянки составляла 16,5 м² (ширина 1,65 м, длина 10,0 м). Учетная площадь делянки – 15 м². Количество рядков на делянке – 11 шт., ширина междурядий – 15 см. Размещение делянок в опыте рендомизированное, повторность четырехкратная. Перед посевом была внесена азофоска (N₁₅P₁₅K₁₅) в количестве 100 кг/га. Посев осуществлялся селекционной сеялкой СКС-6-10. Нормы высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Обработка посевов от сорняков проводилась в фазу кушения гербицидом Примадонна, СЭ 0,8 л/га.

Отбор проб для анализа растений по элементам структуры урожая проводился по мере созревания сортообразцов. Для структурного анализа с каждой делянки отбирали по 25 растений с корнями. Растения связывали в сноп с прикреплением этикетки и подвешивали корнями вверх в сухом проветриваемом помещении для высыхания до воздушно-сухого состояния. Высоту растений измеряли с помощью линейки от начала надземной части побега до верхушки самого высокого побега, включая длину остей. Анализ структуры урожая включал определение продуктивной кустистости (шт.), массы сухого растения (г); числа зерен с главного колоса и с подгонов (шт.); массы зерна с главного колоса и подгонов (г); числа зерен с растений (шт.); массы зерен с растения (г); массы 1000 зерен (г).

Результаты и их обсуждение

Учет поражения болезнями, фенологические наблюдения, оценку фенотипической изменчивости количественных признаков проводили по общепринятым и широко апробированным в научных учреждениях методикам. Уборка проведена 7-10 августа в фазу полного созревания яровых зерновых культур селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130.

По результатам структурного анализа фенотипов в сортоиспытании были выявлены существенные различия между сортообразцами по отдельным признакам и показателям главного колоса. Высота растений колебалась от 76 см у сорта Арабелла до 109 см у сорта Л-57. Лучшими фенотипами по длине и массе колоса выделились сорта Мандарина и линия Л-57. Среди образцов с хорошо озерненным колосом можно выделить такие сорта как Ласка и Мандарина. Лучшими сортами по массе 1000 зёрен стали сорта Памяти Коновалова, Гранни и Гранова. Короткостебельные сорта яровой мягкой пшеницы Арабелла и Памяти Коновалова оказались более устойчивыми к полеганию. По результатам структурного и других анализов можно выделить 3 сортообразца мягкой яровой пшеницы: Мандарина, Ласка и Л-57, обладающие комплексом лучших показателей (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность и элементы структуры урожая сортообразцов яровой мягкой пшеницы, 2019 – 2020 гг.

Сорт, страна	Средняя урожайность, т/га	Высота растений, см	Длина колоса, см	Количество зерен с колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Дарья (Белоруссия)	4,18	95	9,5	35	1,09	31,2
Гранни (Австрия)	5,52	80	8,8	39,9	1,55	38,8
Гранова (РФ, АСТ Курск)	5,2	80	9,0	39,2	1,52	38,9
Памяти Коновалова (ФНЦ ЗБК)	4,43	79	8,5	37,9	1,51	40,1
Золушка (ФНЦ ЗБК)	2,74	87	9,7	31,8	1,06	33,2
Лиза (ФИЦ, «Немчиновка»)	3,2	82	7,9	39,7	1,39	35,3
Арабелла (Польша)	4,47	76	7,1	32,9	1,06	32,2
Бомбона (Польша)	2,8	87	10	41,3	1,35	32,6
Ласка (Белоруссия)	3,27	84	9,3	50,9	1,69	33,3
Мандарина (Польша)	3,87	85	9,5	58,4	1,99	34,2
Л-57 (ФНЦ ЗБК)	3,33	109	11,1	36,3	1,29	35,5
среднее значение	3,82	85,9	9,1	40,3	1,4	35,0
НСР 05	0,4	8,8	1,0	7,5	0,5	2,9

При изучении сортов яровой мягкой пшеницы была дана оценка по четырём селекционным индексам: мексиканский индекс (Мх), индекс линейной плотности колоса (ЛПК), канадский индекс (Ки) и индекс потенциала колоса (ИПК). Для расчетов селекционных индексов яровой мягкой пшеницы были взяты следующие признаки: длина растения, длина колоса, высота растения, число зёрен в колосе и продуктивность главного колоса (табл. 2).

Таблица 2

Формулы для расчета селекционных индексов

Обозначение индекса (в рамках данной статьи)	Название индекса	Формулы расчета
ИПК	Индекс потенциала колоса	Длина колоса, см / высота растений, см
ЛПК	Индекс линейной плотности колоса	Масса зерна с колоса, г / длина колоса, см
Ki	Канадский индекс (удельный урожай колоса)	Число зерен в колосе, шт. / длина колоса, см
Мх	Мексиканский индекс	Масса зерна с колоса, г / высота растения, см

Использование индексов требует тщательного анализа их информативности на фоне разных лимитирующих факторов внешней среды, в конкретных почвенно-климатических условиях. Эффективность индексного отбора достигается за счет использования дополнительной информации о других признаках и учета всевозможных взаимосвязей между признаками. Основные элементы продуктивности, определяющие урожайность конкретного растения в биоценозе - масса зерна с колоса, которая складывается из числа зерен и массы зерновки. Элементы продуктивности имеют различную вариабельность в зависимости от взаимодействия факторов генотип-среда [7, 8]. Рассматривая удельный урожай колоса (канадский индекс), можно выделить несколько сортов яровой мягкой пшеницы с наиболее высоким его значением, такие как Мандарина (6,14), Ласка (5,47) и Лиза (5,02). Различия по индексу потенциала колоса незначительны, что свидетельствует о сопряженности длины колоса и высоты растений у современных сортов. Наибольший выход зерна отмечен у сортов Памяти Коновалова, Гранни, Гранова (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика яровой мягкой пшеницы по селекционным индексам, 2019-2020 гг.

Культура, сорт	Канадский индекс, удельный урожай колоса, шт. / см	Мексиканский индекс, г/см	Индекс линейной плотности колоса, г/см	Индекс потенциала колоса, см/см	Выход зерна, %
Дарья (Беларуссия)	3,68	0,011	0,115	0,100	37,9
Гранни (Австрия)	4,53	0,019	0,176	0,110	61,5
Гранова (АСТ Курск)	4,35	0,019	0,169	0,112	61,3
Памяти Коновалова (ФНЦ ЗБК)	5,45	0,019	0,178	0,118	62,0
Золушка (ФНЦ ЗБК)	3,28	0,012	0,109	0,111	49,1
Лиза (ФИЦ «Немчиновка»)	5,02	0,017	0,176	0,096	56,9
Арабелла (Польша)	4,63	0,014	0,149	0,093	57,8
Бомбона (Польша)	4,13	0,015	0,135	0,115	43,3
Ласка (Беларуссия)	5,47	0,020	0,182	0,110	58,0
Мандарина (Польша)	6,14	0,023	0,209	0,112	57,4
Л-57 (РФ, ФНЦ ЗБК)	3,29	0,012	0,116	0,101	44,4
НСР 05					8,0

В фазу формирования числа члеников колосового стержня и образования конуса роста второго порядка, которые определяют количество зёрен и колосков, распределение влаги в полевых условиях достичь практически невозможно. В связи с этим, невозможно провести оценку – какое из растений является модификацией, а какое ценным генотипом по засухоустойчивости. Для этого используют только канадский индекс. Индекс линейной плотности представляет большую информацию по взаимосвязи «генотип и среда», характеризуется как отношение числа зерен с колоса (шт.) к длине колоса (см) в связи с тем, что масса зерна с колоса формируется весь вегетационный период и определяется не только

количеством зёрен, но и массой каждого зерна. По индексу линейной плотности колоса (ЛПК) наиболее высокий показатель был у сортов: Мандарина (0,209), Ласка (0,182) и Памяти Коновалова (0,178) (табл. 3). По показателю индекса потенциала колоса (ИПК) были выделены следующие сорта: Бомбона (0,115), Гранова и Мандарина (0,112). Дальнейший прогресс селекции обеспечивает морфофизиологический тип растений изучаемых сортов, определяющего возможную потенциальную продуктивность. Растения различают по биомассе, даже при одинаковых условиях выращивания, что в первую очередь определяется признаком высоты растений. Увеличение биомассы растений ведёт к накоплению пластических веществ в большем количестве, но зерновая продуктивность у каждого генотипа будет отличаться в связи с различием интенсивности процессов, связанных с перераспределением и утилизацией продуктов фотосинтеза. В этом направлении можно оценить индивидуальные растения по мексиканскому индексу, где учитывается продуктивность колоса во взаимосвязи с их высотой. Максимальное значение M_x отмечено у сортов: Мандарина (0,23), Ласка (0,20), три сорта имели одинаковое значение – 0,19. Это сорта Памяти Коновалова, Гранни и Гранова. По совокупной оценке анализируемых трёх селекционных индексов выделены три сорта яровой мягкой пшеницы: Мандарина, Ласка и Памяти Коновалова.

Использование дополнительной информации о других признаках и учете всевозможных взаимосвязей между признаками поможет достичь наиболее эффективного индексного отбора. Достоверные взаимосвязи между селекционными индексами и урожайностью селекционных сортообразцов яровой мягкой пшеницы были выявлены при помощи корреляционного анализа (табл. 4).

Таблица 4

Взаимосвязь селекционных индексов и выхода зерна яровой мягкой пшеницы

	Выход зерна, %	Канадский индекс	Мексиканский индекс	Индекс линейной плотности колоса	Индекс потенциала колоса
	коэффициенты корреляции				
Выход зерна, %	1,000	0,6048*	0,7723*	0,8015*	0,0219
Канадский индекс	0,6048*	1,000	0,8625*	0,9193*	0,0624
Мексиканский индекс	0,7723*	0,8625*	1,000	0,9671*	0,3536
Индекс линейной плотности колоса	0,8015*	0,9193*	0,9671*	1,000	0,1186
Индекс потенциала колоса	0,0219	0,0624	0,3536	0,1186	1,000

Примечание:* – (здесь и далее по тексту) выше порога достоверности ($R=0,4329$, на уровне 5%).

Между индексами также была установлена тесная взаимосвязь. Коэффициент корреляции между мексиканским и канадским индексами составил 0,8625*, индексом линейной плотности и канадским – 0,9193*, мексиканским и индексом линейной плотности – 0,9671*.

Заключение

Таким образом, при оценке на продуктивность, во взаимосвязи «генотип-среда», наибольшая информативность получена при оценке в совокупности по четырём индексам: мексиканский – M_x , канадский – K_i , линейной плотности колоса – ЛПК, потенциала колоса – ИПК. При помощи корреляционного анализа были выявлены наиболее существенные взаимосвязи между селекционными индексами и урожайностью сортов и линий яровой

мягкой пшеницы. Была определена продуктивность новых сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Орловской области на основе подбора соответствующего селекционного материала по селекционным индексам. Лучшими селекционными индексами характеризовались сорта яровой мягкой пшеницы Мандарина, Ласка и Памяти Коновалова.

Литература

1. Лубнин А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири // Новосибирск: – 2006. – С. 8-13.
2. Кондрашова О.А., Тишков Н.И., Тимошенкова Т.А. Новая стратегия формирования агроэко типа сорта ячменя в степной зоне Урала // Агрономические науки. – 2010. – С. 46-48.
3. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. // АФИ. – 2008. – 87 с.
4. Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Основные принципы моделирования систем взаимодействия генотип-среда // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 3. – С. 26-35.
5. Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М и др. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 274. – № 3. – С. 720-723.
6. Драгавцев В.А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и теория селекционных индексов // Экологическая генетика культурных растений: сб. докладов на Школе молодых ученых по экологической генетике. - Краснодар: ВНИИ риса. – 2012. – С. 31-50.
7. Бороевич С. Генетические аспекты селекции высокоурожайных сортов пшеницы // Сельскохозяйственная биология. – 1968. -Т. 3. – № 2. – С. 285-299.
8. Мальчиков П.Н., Сидоренко В.С., Мясникова М.Г., Наумкин Д.В. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности условий среды (годы, пункты) // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. – № 2. – С. 120-126

References

1. Lubnin A.N. Seleksiya myagkoi yarovoi pshenitsy v Sibiri [Breeding of soft spring wheat in Siberia]. Novosibirsk: 2006, pp. 8-13. (In Russian)
2. Kondrashova O.A., Tishkov N.I., Timoshenkova T.A. Novaya strategiya formirovaniya agroekotipa sorta yachmenya v stepnoi zone Urala [A new strategy for the formation of an agroecotype of a barley variety in the steppe zone of the Urals]. *Agronomicheskie nauki*, 2010, pp.46-48. (In Russian)
3. Kocherina N.V., Dragavtsev V.A. Vvedenie v teoriyu ekologo-geneticheskoi organizatsii poligennykh priznakov rastenii i teoriyu selektsionnykh indeksov [Introduction to the theory of ecological and genetic organization of polygenic traits of plants and the theory of breeding indices]. *AFI*, 2008, 87 p. (In Russian)
4. Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Osnovnye printsipy modelirovaniya sistem vzaimodeistviya genotip-sreda [Basic principles of modeling genotype-environment interaction systems]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2010, no. 3, pp. 26-35. (In Russian)
5. Dragavtsev V.A., Litun P.P., Shkel' N.M et al. Model' ekologo-geneticheskogo kontrolya kolichestvennykh priznakov rastenii [Model of ecological and genetic control of quantitative traits of plants]. *Doklady AN SSSR*, 1984, V. 274, no. 3, pp.720-723. (In Russian)
6. Dragavtsev V.A. Ekologo-geneticheskaya organizatsiya kolichestvennykh priznakov rastenii i teoriya selektsionnykh indeksov [Ecological and genetic organization of quantitative traits of plants and the theory of breeding indices]. *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii: sbornik докладов na Shkole molodykh uchenykh po ekologicheskoi genetike* [Ecological genetics of cultivated plants: a collection of reports at the School of young scientists on ecological genetics]. Krasnodar: VNII risa, 2012, pp. 31-50. (In Russian)
7. Boroevich S. Geneticheskie aspekty seleksii vysokourozhainykh sortov pshenitsy [Genetic aspects of breeding high-yielding wheat varieties]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 1968, V. 3, no. 2, pp. 285-299. (In Russian)
8. Mal'chikov P.N., Sidorenko V.S., Myasnikova M.G., Naumkin D.V. Otsenka v ekologo-geograficheskom eksperimente adaptivnosti genotipov tverdoi pshenitsy i differentsiruyushchei sposobnosti uslovii sredy (gody, punkty) [Assessment in an ecological-geographical experiment of the adaptability of durum wheat genotypes and the differentiating ability of environmental conditions (years, points)]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no.2, pp. 120-126 (In Russian)

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (PHASEOLUS VULGARIS L.) ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЗЕРНА

Н.О. КОСТИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
О.А. МИЮЦ, научный сотрудник

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В 2018-2019 годах проведена биохимическая оценка зерна фасоли обыкновенной (Ph. vulgaris L.) по основным группам питательных веществ. По результатам исследований выявлены различия и особенности энергетической ценности зерна фасоли и выделены лучшие сорта данной культуры, а именно: Рубин, Гелиада и Маркиза (высокое содержание белка); 02-173, Шоколадница и Горналь (большое содержание БЭВ); Нерусса, Днепропетровская бомба и Гелиада (повышенное содержание жира). Максимальную энергетическую ценность имели сорта Гелиада, Нерусса и Горналь.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, сорта, биохимическая оценка, качество зерна, энергетическая ценность.

EVALUATION OF VARIOUS VARIETIES OF COMMON BEANS (PHASEOLUS VULGARIS L.) BY CHEMICAL COMPOSITION AND ENERGY VALUE OF GRAIN

N.O. Kostikova, O.A. Miyuts

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In 2018-2019, a biochemical assessment of common beans was carried out (Ph. vulgaris L.) by main groups of nutrients. According to the research results, differences and features of the energy value of beans have been identified and the best varieties of this crop have been identified, namely: Rubin, Geliada and Marquis (high protein content); 02-173, Shokoladnitsa and Gornal (high nitrogen-free extractives (NFE) content); Nerussa, Dnepropetrovskaya bomba and Geliada (high fat content). Максимальную энергетическую ценность имели сорта Geliada, Nerussa and Gornal.*

Keywords: common beans, varieties, biochemical assessment, grain quality, energy value.

Весьма важная, если не решающая роль в решении проблемы нехватки растительного белка принадлежит бобовым культурам. В семенах многих культур содержание белка составляет 25-30%, а у сои и люпина – до 35-45%. Зерновые бобовые не только сами обладают высокой кормовой ценностью, но и позволяют использовать другие низко белковые культуры для кормов в животноводстве. В семенах многих бобовых содержится большое количество жира [1]. Промышленно-сырьевое значение бобовых состоит в том, что их семена используют для приготовления круп, муки, консервов и кондитерских изделий.

Технологическую и потребительскую ценность зерна определяет его качество, оно служит своеобразным индикатором развития зернового хозяйства и основой эффективного зернопроизводства страны [2]. За счет питательной ценности зернобобовые стоят на одном из ведущих мест в развитии пищевых технологий, которые обеспечивают более полную и глубинную переработку сырья и регулируют химический состав по критериям пищевой и биологической ценности. Сейчас уже неоспоримо, что в ближайшем будущем, рацион питания человечества будет совершенствоваться за счет более широкого использования продуктов, богатых растительным белком. Всё большее привлечение в рацион питания

зерновых бобовых может происходить за счёт создания изолятов белка, тепловой обработки под давлением с целью получения новых продуктов питания [3].

Второе место среди зернобобовых культур по площади посевов в мировом земледелии занимает фасоль, уступая лишь сое. Такое значительное распространение этой культуры объясняется тем, что она является ценной высокобелковой пищевой культурой, имеющей многостороннее использование в народном хозяйстве. Пищевая ценность семян фасоли определяется высоким содержанием белка и хорошей усвояемостью его организмом человека [4, 5]. Коэффициент переваримости белка равен 86, выше, чем у гороха и чечевицы. В семенах фасоли обыкновенной в зависимости от сорта содержится 16-30% белка. В состав белка фасоли входит не менее 7 незаменимых аминокислот. Белок семян фасоли обыкновенной богат лизином, гистидином и триптофаном, но содержит малое количество метионина и цистеина (лимитирующие аминокислоты). Недостаток лимитирующих для фасоли обыкновенной аминокислот компенсируется добавлением в рацион питания кукурузы, риса и других круп. Белок фасоли по своему аминокислотному составу близок к белку мяса, недаром фасоль обыкновенную называют мясом бедных [6, 7]. Регулярное употребление в пищу блюд из семян фасоли способствует смягчению окислительного стресса, понижению концентрации холестерина в крови, помогает поддерживать здоровье сердечно-сосудистой системы. Обладает противовоспалительным, противоаллергенным и антиканцерогенным эффектом. Используется в качестве компонента диетического питания в лечении диабета, поскольку способствует снижению уровня глюкозы в крови, а присутствие в семенах большого количества клетчатки помогает бороться с лишним весом. Благодаря широкому спектру положительного влияния на организм человека, из семян и листьев фасоли обыкновенной готовят лекарственные препараты в том числе для лечения и профилактики некоторых видов раковых опухолей [8].

Научными учреждениями накоплен обширный исходный гибридный материал по различным зернобобовым культурам, на базе которого создана целая гамма сортов гороха, чечевицы, фасоли обыкновенной, вики яровой, сои нового поколения, характеризующихся комплексом хозяйственно ценных признаков. Однако, сочетать высокую урожайность семян с их хорошими пищевыми достоинствами в одном сорте не всегда получается, так как существует предел корреляционной значимости между этими показателями.

В связи с этим целью наших исследований являлось проведение качественной оценки набора сортов фасоли обыкновенной для определения различий в их биохимическом составе для того, чтобы выделить источники хозяйственно ценных признаков, для дальнейшей селекционной работы.

Материал и методика исследований

Объектами изучения были сорта фасоли обыкновенной селекции разных лет (1940-2019 гг.) и разных научных учреждений: Сакса (без волокна), Днепропетровская бомба, Кустовая (без волокна) – образцы коллекции ВИР; Горналь, Нерусса, Рубин, Шоколадница, Гелиада, 02-172, Услава, Стрела, Маркиза – сорта селекции ФНЦ ЗБК. Образцы выращены на полях лаборатории селекции зернобобовых культур ФНЦ ЗБК в 2018-2019 годах.

Биохимические анализы проводились с использованием общепринятых и модифицированных методов. Содержание сырого протеина в растительных образцах определялось микрометодом Кьельдаля с использованием для сжигания проб дигестора с программированным нагревом DK-6 фирмы Velp Scientifica для дальнейшей отгонки и титрования – автомата UDK – 152 той же фирмы. Определение содержания жира основано на способности сырого жира растворяться в органических растворителях, определялось по извлеченному остатку и проводилось на экстракторе SER 148 фирмы Velp Scientifica. Содержание клетчатки определяли по методу Кюршнера и Ганека. Содержание золы определялось путем сжигания навески в муфельной печи. Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) рассчитываются путем вычитания из процентного содержания сухого вещества суммы золы, жира, протеина и клетчатки [9].

Результаты исследований

Проведена биохимическая оценка зерна фасоли за два года по основным группам питательных веществ: протеин, жир, зола, клетчатка, БЭВ, вода (табл. 1).

Таблица 1

**Биохимический состав зерна фасоли обыкновенной зернового использования
(%, абс. сух. в-ва)**

№ п/п	Сорт	2018 г.						2019 г.						Среднее за 2018-2019 гг.					
		вода	жир	белок	зола	клетчатка	БЭВ	вода	жир	белок	зола	клетчатка	БЭВ	вода	жир	белок	зола	клетчатка	БЭВ
1	Кустовая (б/в)	11,0	1,3	20,9	4,1	5,0	57,7	8,0	1,0	26,5	3,7	4,3	56,5	9,5	1,2	23,7	3,9	4,6	57,1
2	Сакса (б/в)	11,0	1,3	21,7	3,5	4,9	57,6	9,5	1,0	24,3	3,0	4,8	57,4	10,2	1,2	23,0	3,2	4,8	57,6
3	Горналь	10,5	1,6	21,7	3,3	4,6	58,3	9,0	1,0	24,6	2,9	4,6	57,9	9,8	1,3	23,2	3,1	4,6	58,0
4	Днепропетровская бомба	10,5	1,4	22,9	4,4	3,8	57,0	9,0	1,3	25,0	3,8	5,0	55,9	9,8	1,4	24,0	4,1	4,4	56,3
5	Нерусса	11,0	1,6	24,2	3,7	3,7	55,8	8,5	1,2	26,9	4,1	4,1	55,2	9,8	1,4	25,6	3,9	3,9	55,4
6	Шоколадница	10,5	1,4	21,5	4,1	4,8	57,7	8,0	1,2	23,1	3,6	4,6	59,5	9,2	1,3	22,3	3,8	4,7	58,7
7	Гелиада	9,0	1,8	26,7	4,0	3,2	55,3	9,5	1,1	26,4	3,3	4,1	55,6	9,2	1,4	26,6	3,6	3,6	55,6
8	Рубин	10,5	1,1	24,7	3,6	4,3	55,8	9,5	0,8	28,4	3,0	4,8	53,5	10,0	1,0	26,6	3,3	4,6	54,5
9	Услава	10,5	0,9	25,3	3,8	5,0	54,5	9,0	0,8	26,8	3,6	4,8	55,0	9,8	0,8	26,0	3,7	4,9	54,8
10	02-173	10,0	1,2	22,9	4,2	5,0	56,7	10,0	1,0	24,8	2,6	4,9	56,7	10,0	1,1	23,8	3,4	5,0	61,2
11	Стрела	11,0	1,3	22,8	3,0	5,5	56,4	9,5	1,1	24,9	3,8	5,4	55,3	10,2	1,2	23,8	3,4	5,4	56,0
12	Маркиза	9,0	1,1	24,6	3,9	4,8	56,6	10,0	1,1	28,3	3,4	5,2	52,0	9,5	1,1	26,4	3,6	5,0	54,4

Как видим, содержание протеина в исследуемых образцах варьировало в пределах 22,3-26,6% и в среднем составило 24,6%. Самыми высокобелковыми оказались сорта Рубин (26,6%), Гелиада (26,6%) и Маркиза (26,4%). Содержание жира в образцах колебалось не очень сильно (0,8-1,4%; в среднем – 1,2%). Максимальное содержание жира было у сортов Нерусса (1,4%), Днепропетровская бомба (1,4%) и Гелиада (1,4%). Зольность зерна также изменялась незначительно (3,1-4,1%, в среднем 3,6%). Наибольшее содержание золы было у сортов Днепропетровская бомба (4,1%), Нерусса (3,9%) и Кустовая (3,9%). При определении клетчатки было установлено, что этот показатель варьировал в узких пределах (3,6-5,4%), при среднем значении 4,6% и выделились сорта Стрела (5,4%), Маркиза (5,0%) и 02-173 (5,0%). Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) в зерне фасоли составили более половины от общего химического состава (54,4-61,2%). При расчете БЭВ максимальное содержание этих веществ имели сорта 02-173 (61,2%), Шоколадница (58,7%) и Горналь (58,0%). В среднем по коллекции показатель составил 56,6%. Содержание воды в зерне фасоли было от 9,2 до 10,2%, при среднем значении 9,8%. Безволокнистые сорта (Кустовая и Сакса) не имели какой-либо особенности в биохимическом составе по сравнению с остальными сортами зерновой фасоли.

При математической обработке была установлена сильная отрицательная корреляционная зависимость между содержанием в зерне протеина и БЭВ ($r = -0,70$).

На основании биохимической оценки зерна фасоли были сделаны расчеты по энергетической ценности различных сортообразцов [10]. На долю сырого протеина в среднем за годы исследований приходилось от 26,6 до 31,8% от общей энергетической ценности, на долю жира – 2,2-3,8%, на долю БЭВ – 65,0-70,0% (табл.2).

Таблица 2

Энергетическая ценность 100 г зерна фасоли обыкновенной зернового использования

№ п/п	Сорт	Энергетическая ценность								
		2018		2019		Среднее за 2018-2019				
		ккал	Дж	ккал	Дж	ккал	Дж	Доля в %		
								протеин	жир	БЭВ
1	Кустовая (б/в)	334	1378	349	1462	342	1431	28,4	3,2	68,4
2	Сакса (б/в)	337	1411	344	1440	340	1424	27,7	3,2	69,1
3	Горналь	342	1434	347	1454	344	1440	27,5	3,4	69,1
4	Днепропетровская бомба	340	1424	343	1438	342	1431	28,7	3,6	67,7
5	Нерусса	342	1434	337	1454	345	1444	30,4	3,6	66,0
6	Шоколадница	337	1413	349	1463	343	1437	26,6	3,4	70,0
7	Гелиада	352	1476	346	1339	349	1462	31,2	3,8	65,0
8	Рубин	340	1424	343	1436	342	1431	31,8	2,5	65,7
9	Услава	335	1404	343	1434	339	1419	31,5	2,2	66,3
10	02-173	337	1412	343	1437	340	1424	28,7	2,9	68,4
11	Стрела	336	1408	336	1408	336	1407	27,6	3,2	69,2
12	Маркиза	343	1436	339	1420	341	1428	31,8	2,9	65,3

Так, общая энергетическая ценность 100 грамм зерна фасоли в среднем за 2 года варьировала от 336 ккал (1407 Дж) до 349 ккал (1462 Дж) и в среднем составила 342 ккал (1432 Дж). Лучшими сортообразцами по этому показателю были сорта Гелиада (349 ккал или 1462 Дж), Нерусса (345 ккал или 1444 Дж) и Горналь (344 ккал или 1440 Дж). Безволокнистые сорта не имели преимущества по этому показателю по сравнению с остальными.

Заключение

Наиболее высокобелковыми оказались сорта фасоли Рубин (26,6%), Гелиада (26,6%) и Маркиза (26,4%). Самое большое содержание БЭВ имели сорта 02-173 (61,2%), Шоколадница (58,7%) и Горналь (58,0%). По содержанию жира выделились сорта фасоли Нерусса (1,4%), Днепропетровская бомба (1,4%) и Гелиада (1,4%). Максимальную энергетическую ценность имели сорта Гелиада (349 ккал или 1462 Дж), Нерусса (345 ккал или 1444 Дж) и Горналь (344 ккал или 1440 Дж). Безволокнуемые сорта не имели принципиальных различий по сравнению с остальными по изученным показателям.

Литература

1. Кукреш Л.В. Производство кормового белка – стратегическое направление в зерновом хозяйстве // Весті ААН Беларусі. – 1995. – № 2. – 15 с.
2. Алтухов А.И. Повышение качества зерна – комплексное решение // Зерновое хозяйство. – 2004, – № 7. – С. 3-5
3. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблемы растительного белка. – М.: Россельхозиздат, – 1983, – 135 с.
4. Костикова Н.О., Мирошникова М.П. Химический состав и энергетическая ценность зерна различных сортов фасоли обыкновенной // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018, №4 (28). – С. 38-42
5. Калицева Д.Т. и др. Питательная ценность семян фасоли в зависимости от сортовых различий // Природоохранные технологии землепользования. 72-я научная конференция. – Владикавказ, 1999. – С. 55-56.
6. Декапрелевич Л.Л. Фасоль. – М.: Колос, – 1965. – 95 с.
7. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н., Мирошникова М.П. Биохимия фасоли. Монография. – ОрелГАУ, – 2008. – 128 с.
8. Kumar Ganesan and Baojun Xu. Polyphenol-rich dry common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Health Benefits. // International journal of natural science 18(11),2017 / <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5713300/> doi:10.3390/ijms18112331
9. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, – 1987. – 430 с.
10. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания. Справочник. – М.: ДеЛи плюс, – 2012. – 284с.

References

1. Kukresh L.V. Proizvodstvo kormovogo belka - strategicheskoe napravlenie v zernovom khozyaistve [Feed protein production is a strategic direction in grain farming]. *Vesti AAN Belarusi*. 1995, no.2, 15 p. (In Russian)
2. Altukhov A.I. Povyshenie kachestva zerna - kompleksnoe reshenie [Improving grain quality - a comprehensive solution]. *Zernovoe khozyaistvo*. 2004, no.7, pp. 3-5
3. Vavilov P.P., Posypanov G.S. Bobovye kul'tury i problemy rastitel'nogo belka [Legumes and problems of vegetable protein]. Moscow, *Rossel'khozizdat*, 1983, 135 p. (In Russian)
4. Kostikova N.O., Miroshnikova M.P. Khimicheskii sostav i energeticheskaya tsennost' zerna razlichnykh sortobraztsov fasoli obyknovennoi [Chemical composition and energy value of grain of various varieties of common beans]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no.4(28), pp. 38-42. (In Russian)
5. Kalitseva D.T. et al. Pitatel'naya tsennost' semyan fasoli v zavisimosti ot sortovykh razlichii. Prirodookhrannyye tekhnologii zemlepol'zovaniya [The nutritional value of beans depending on varietal differences. Environmental land use technologies]. 72-ya nauchnaya konferentsiya [the 72nd scientific conference]. Vladikavkaz, 1999, pp. 55-56. (In Russian)
6. Dekapreleovich L.L. Fasol' [Beans]. Moscow, *Kolos*, 1965, 95 p. (In Russian)
7. Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N., Miroshnikova M.P. Biokhimiya fasoli. Monografiya [Bean biochemistry. Monograph], OrelGAU, 2008, 128p. (In Russian)
8. Kumar Ganesan and Baojun Xu. Polyphenol-rich dry common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Health Benefits. International journal of natural science 18(11),2017 / <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5713300/> doi:10.3390/ijms18112331
9. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.I. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii [Biochemical research methods of plants]. Leningrad, *Agropromizdat*, 1987, 430 p. (In Russian)
10. Tutel'yan V.A. Khimicheskii sostav i kaloriinost' rossiiskikh produktov pitaniya. Spravochnik [Chemical composition and caloric content of Russian food products. Handbook]. Moscow, *DeLi plus*, 2012, 284 p. (In Russian)

ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ПИТОМНИКЕ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЧР

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

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

В работе приведены результаты изучения селекционной ценности генофонда ярового ячменя различного эколого-географического происхождения в северо-восточной части ЦЧР. Материалом служили сорта ячменя, которые испытывали по комплексу признаков. Изучение проводили в течение трех лет, из них один год был благоприятным – индекс условий среды составил 13,3 и два неблагоприятными – индекс условий среды – 3,4-8,0.

Данная работа позволила выделить сорта высокоурожайные, крупнозерные, с высокой озёрнёностью колоса, с высокой продуктивной кустистостью, низкорослые с неполегающей соломиной. Для селекционного процесса большой интерес представляют экземпляры, сочетающие несколько положительных признаков: Азов, Лунь (Россия), Бат'ка (Беларусь), Зузаза (Германия), Excel (США), Collil (Великобритания).

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, масса 1000 зерен, содержание белка, число зерен в колосе.

STUDY OF VARIETIES OF SPRING BARLEY IN A COLLECTION NURSERY IN THE NORTHEASTERN PART OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

A.A. Andreev, M.K. Dracheva

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

Abstract: *The paper presents the results of studying the breeding value of the gene pool of spring barley of various ecological and geographical origin in the northeastern part of the CCR. The material was barley varieties, which were tested for a set of characteristics. The study was carried out for three years, of which one was favorable - the index of environmental conditions was 13.3 and two unfavorable - the index of environmental conditions was – 3.4-8.0.*

This work made it possible to distinguish high-yielding, large-grain varieties with a high grain content of the ear, with a high productive bushiness, undersized with non-lying straw. For the breeding process, specimens that combine several positive traits are of great interest: Azov, Lun' (Russia), Bat'ka (Belarus), Zuzaza (Germany), Excel (USA), Collil (UK).

Keywords: spring barley, variety, yield, 1000-grain weight, protein content, number of grains per ear.

Введение

Создание нового сорта с максимально возможным уровнем продуктивности - одна из важных задач селекционеров, так как урожайность является главным критерием эффективности селекционной работы любой сельскохозяйственной культуры. Несмотря на достигнутые результаты и высокий уровень продуктивности современных сортов, ее можно повысить за счет совершенствования существующих методов селекции и использования нового исходного материала [1, 2]. Успех селекции в решающей мере определяется подбором материала, с которым будет вестись работа. Особое внимание необходимо уделять генетическому разнообразию исходного материала [3]. С целью расширения знаний об эколого-географической изменчивости и нормах реакции культуры необходимо изучать

исходный материал в различных экологических условиях. Изменение зоны выращивания по-разному сказывается на выраженности отдельных признаков, в том числе урожайности, что позволит выделить сорта, адаптированные к конкретным условиям региона.

Целью исследований являлось изучение основных хозяйственно ценных признаков сортов ярового ячменя в условиях северо-восточной части ЦЧР и выделение сортов, обладающих комплексом положительных признаков и свойств, для использования в селекционных программах.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2017-2019 гг. на базе Тамбовского НИИСХ, расположенного в северо-восточной части Центрально-Черноземного региона.

Метеорологические условия в годы изучения характеризовались различными погодными условиями. Это позволило дать более объективную оценку изучаемым сортам, исходя из сложившихся внешних условий среды, обусловленных гидротермическим режимом. Погодные условия 2017 года характеризовались как влажные и холодные. Всего за вегетацию выпало 356,5 мм осадков или 211,3% от многолетних показателей и температура воздуха составила 15,2⁰С, что на 5,6% ниже нормы. 2018 год по сумме осадков и температурному режиму сложился достаточно сухим и жарким. Всего за вегетацию выпало 72,6 мм осадков или 43,0% от многолетних показателей и температура воздуха составила 18,4⁰С, что на 12,5% выше нормы. Особенно засушливые условия сложились в период кущение – колошение – спелость, гидротермический коэффициент в эти фазы развития составил 0,1-0,4, что соответствует сильной засухе. Условия вегетации 2019 года сложились влажными и жаркими. За вегетацию осадков выпало на 39,4% выше многолетних показателей и средняя температура воздуха составила 17,5⁰С, что на 1,4⁰ С выше нормы. Расчет индекса условий среды по годам показал, что из трех лет изучения наиболее благоприятным для роста и развития ячменя сложился 2017 год, индекс условий среды составил +13,3. В 2018 и 2019 годах индекс условий среды имел отрицательные значения, что характеризует эти годы как неблагоприятные для получения высокого урожая ячменя (табл. 1).

Таблица 1

Погодные условия по фазам развития ячменя

Фазы развития культуры	Показатель	2017	2018	2019	Средние многолетние показатели
Посев – всходы	Осадки, мм	13,4	5,0	21,9	12,7
	Температура, ⁰ С	8,8	14,1	13,1	12,5
	ГТК	1,5	0,5	1,8	
Всходы – кущение	Осадки, мм	48,1	31,1	147,9	23,9
	Температура, ⁰ С	12,5	18,6	19,4	14,4
	ГТК	2,9	1,9	5,9	
Кущение – колошение	Осадки, мм	41,3	7,3	20,5	54,2
	Температура, ⁰ С	13,3	16,4	19,1	17,2
	ГТК	2,1	0,1	0,4	
Колошение – спелость	Осадки, мм	253,7	29,2	44,9	77,9
	Температура, ⁰ С	17,9	21,0	18,3	20,1
	ГТК	3,0	0,4	0,8	
За вегетацию ячменя	Осадки, мм	356,5	72,6	235,2	168,7
	Температура, ⁰ С	15,2	18,4	17,5	16,1
	ГТК	2,8	0,5	1,6	
Индекс условий среды		+13,3	-3,4	-8,0	

Опыты закладывали в соответствии с методикой полевого опыта [4]. При проведении полевых опытов агротехника была общепринятая для условий Тамбовской области. Посев проводили в оптимальные сроки селекционной сеялкой ССФК- 10. Образцы высевали без повторений делянками 5 м², через каждые 10 номеров размещали стандарт сорт Грейс. Норма высева – 5 млн. всхожих семян на 1 га. Статистический анализ полученных данных проведен согласно методике Б.А. Доспехова [4].

Материалом исследования служили 72 сорта ярового ячменя из мировой коллекции ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова.

Результаты и их обсуждение

Изучаемые сорта ярового ячменя имеют различное эколого-географическое происхождение, они различаются по морфологическим, биологическим и хозяйственно ценным признакам и свойствам. Основная часть образцов из России – 33,5%, из Германии – 23,2%, из Украины – 10,2% (рис. 1).



Рис. 1. Происхождение образцов коллекции ярового ячменя

Сбор зерна с единицы площади – основной критерий значимости сорта в конкретных условиях. Среди изучаемых в коллекции сортов ярового ячменя по урожайности наблюдался широкий размах варьирования – от 15,5 до 53,2 ц/га (рис. 2). Средняя продуктивность стандарта в коллекционном питомнике составила 42,1 ц/га, он относится к самой большой группе сортов в интервале от 37,1 до 42,4 ц/га. Группа сортов, относящаяся по урожайности к интервалу от 42,5 до 53,2 ц/га, составляет 21,1%. Сорта этой группы имели за годы исследований продуктивность выше, чем у стандарта и основной массы сортов в опыте, их можно отнести к сортам высокоурожайным и устойчивым к абиотическим стрессорам региона. Группу сортов, которые имели урожайность в интервале от 15,5 до 31,7 ц/га, можно охарактеризовать, как сорта неприспособленные к погодно-климатическим условиям региона.

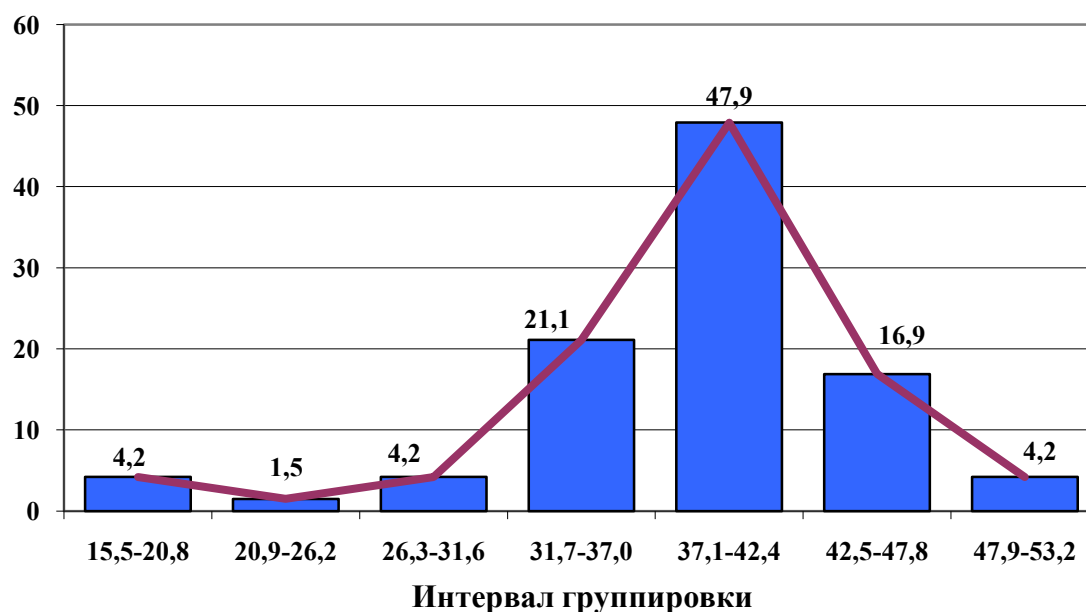


Рис. 2. Распределение образцов коллекции ярового ячменя по урожайности зерна (среднее за 2017-2019 гг.).

Лучшие по урожайности сорта представлены в таблице 2. Эти сорта по результатам испытания показали наибольшую продуктивность, урожайность у них колебалась от 42,8 до 52,3 ц/га. Следует отметить, что высокую урожайность за годы изучения дали сорта, которые созданы отечественными селекционерами. В группе высокоурожайных сортов они составили 53,8%, остальная часть сортов была из Украины (15,4%), Германии (7,7%), Белоруссии (7,7%), Великобритании (7,7%), США (7,7%).

Таблица 2

**Характеристика урожайных сортов в коллекционном питомнике
ярового ячменя (среднее за 2017-2019 гг.)**

№ п/ п	Сорт	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Высота растения, см	Продуктивная кустистость	Кол-во зерен в колосе, шт	Масса зерна с колоса, г	Длина колоса, см
1	Азов (Россия)	44,7	58,5	69,5	1,4	18,2	1,19	6,7
2	Батька (Беларусь)	43,5	51,6	68,6	1,3	20,5	1,12	7,0
3	Владимир (Россия)	45,2	47,4	69,0	1,3	21,4	1,03	7,8
4	Зузаза (Германия)	46,4	50,3	66,1	1,3	20,0	1,08	6,7
5	Лунь (Россия)	42,8	55,8	79,2	1,3	20,1	1,17	8,6
6	Мрия (Украина)	44,0	51,3	75,5	1,3	17,9	1,00	6,6
7	Медикум 336 (Россия)	44,0	52,9	69,0	1,3	18,7	0,64	6,6
8	Велес (Россия)	47,7	47,8	69,7	1,3	20,3	0,99	7,6
9	Токада (Россия)	44,8	49,3	70,7	1,4	18,9	1,04	6,8
10	Атаман (Россия)	42,6	47,2	75,6	1,3	21,2	1,09	8,1
11	Collil (Великобритания)	42,4	52,1	78,6	1,7	20,4	1,10	7,3
12	Excel (США)	42,5	42,7	68,5	1,1	36,9	1,49	5,9
13	Эффект (Украина)	52,3	54,8	75,8	1,3	20,0	0,95	7,3

Масса 1000 зерен является одним из показателей структуры урожая. Из представленных высокоурожайных сортов 30,8% имели высокую массу 1000 зерен – от 45,1 до 50 г (табл. 2). Очень высокая масса 1000 зерен (выше 50 г) отмечена у сортов Азов, Лунь, Медикум 336 (Россия), Батка (Беларусь), Мрия, Эффект (Украина) Зуза (Германия), Collil (Великобритания).

Основная часть высокоурожайных сортов, согласно Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum* L., была представлена низкорослыми сортами (61-70 см) – 61,5%, группа средние низкорослые сорта (71-80 см) – 38,5%.

В отношении кустистости растений существуют противоречивые мнения. В наших исследованиях все урожайные сорта имели высокие показатели продуктивной кустистости. У основной массы сортов этот показатель составлял 1,3 единицы.

Масса зерна с одного колоса – важный элемент продуктивности растений и представляет значительный интерес для селекции. В наших условиях сорта ячменя обладали различной степенью озерненности. Из 13 урожайных сортов максимальное значение изучаемого признака отмечено у сорта Excel (США), этот сорт является шестирядным. Наибольшее значение данного признака у двурядного ячменя (более 20 зерен) было выявлено у сортов Владимир (21,4 шт.), Атаман (21,2 шт.). Анализ распределения сортов по признаку «озерненность колоса» показал, что чаще всего (61,5%) встречались сорта с числом зерен в колосе 20-21 шт.

Заключение

Таким образом, по результатам изучения сортов ярового ячменя выделены источники хозяйственно ценных признаков. Для селекции большой интерес представляют сорта, сочетающие несколько положительных признаков – крупнозёрные, с высокой озернёностью колоса, с высокой продуктивной кустистостью, низкорослые с неполегающей соломиной – это Азов, Лунь (Россия), Батка (Беларусь), Зуза (Германия), Excel (США), Collil (Великобритания).

Литература

1. Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса. //Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 4 (64). – С. 42-46.
2. Андреев А.А., Драчева М.К., Зеленёва Ю.В., Судникова В.Г. Выделение источников ценных качеств при подборе родительских пар на основе биометрических расчетов //Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (62). – С. 39-42.
3. Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений //Сельскохозяйственная биология. – 2000. – № 3.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований – Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: «Колос», – 1979. – 416 с.

References

1. Andreev A.A., Dracheva M.K. Otsenka adaptivnoi sposobnosti sortov yarovogo yachmenya i podbor roditel'skikh par dlya selektsionnogo protsesssa [Assessment of the adaptive capacity of spring barley varieties and selection of parental pairs for the breeding process]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2019, no. 4(64), pp.42-46. (In Russian)
2. Andreev A.A., Dracheva M.K., Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.G. Vydelenie istochnikov tsennykh kachestv pri podbore roditel'skikh par na osnove biometricheskikh raschetov [Identification of sources of valuable qualities in the selection of parental couples based on biometric calculations]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no.3(62), pp.39-42. (In Russian)
3. Zhuchenko A.A. Ekologo-geneticheskie osnovy adaptivnoi sistemy selektsii rastenii [Ecological and genetic foundations of the adaptive system of plant breeding]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2000, no.3. (In Russian)
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. The 4th ed., reprint, with additions. Moscow: «Kolos», 1979, 416 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-107-118

УДК 633.367/631.5/631.8

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮПИНОЗЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

В.В. КОНОНЧУК, Д.Н. НИКИТОЧКИН, доктора сельскохозяйственных наук
С.М. ТИМОШЕНКО, В.Д. ШТЫРХУНОВ, Т.О. НАЗАРОВА,
кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

Трехлетними исследованиями в краткосрочном двухфакторном полевом опыте на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве Центрального Нечерноземья с обеспеченностью подвижным фосфором и калием на уровне 4-5 класса выявлены особенности формирования урожайности сенажной массы и зерна люпинозлаковых смесей в зависимости от состава, норм высева и удобрений в различных метеорологических условиях, установлены их оптимальные показатели для получения 70-90 ц/га сухой массы, 45-52 ц/га зерна с накоплением в них 9-14 ц/га и 7-9 ц/га сырого протеина, 73-89 и 54-63 ГДж/га обменной энергии соответственно. Наибольшую устойчивость к изменению метеорологического фактора проявила люпиноовсяная смесь, снижавшая продуктивность при неблагоприятных условиях (переувлажнение) в среднем на 8-24% против 14-42% у остальных.

Наибольшая N_2 – фиксирующая способность смесей 39-59% в зависимости от состава обеспечивалась, как правило, в условиях умеренной засушливости по фону $P_{45}K_{60}$ (люпин+пшеница) или $N_{50}P_{45}K_{60}$ (люпин+ячмень и люпин+овес).

Ключевые слова: люпин узколистный, смешанные посевы, продуктивность, элементы агротехнологии, погода.

INFLUENCE OF THE ELEMENTS OF THE CULTIVATION TECHNOLOGY OF LUPINE CROP MIXTURES ON THE NITROGEN-FIXING CAPACITY AND PRODUCTIVITY DEPENDING ON THE METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH ZONE

V.V. Kononchuk, D.N. Nikitochkin, S.M. Timoshenko, V.D. Shtyrkhunov, T.O. Nazarova
FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *Three-year studies in a short-term two-factor field experiment on a medium-loamy soddy-podzolic soil of the Central Non-Chernozem Region with a supply of mobile phosphorus and potassium at the level of 4-5 classes revealed the peculiarities of the formation of the yield of hay mass and grain of lupino-cereal mixtures depending on the composition, seeding rates and fertilizers in various conditions and their optimal indicators were established to obtain 70-90 c/ha of dry mass, 45-52 c/ha of grain with the accumulation of 9-14 c/ha and 7-9 c/ha of crude protein, 73-89 and 54-63 GJ/ha of exchangeable energy, respectively. The greatest resistance to changes in the meteorological factor was shown by the lupino-oat mixture, which reduced productivity under unfavorable conditions (waterlogging) by an average of 8-24% versus 14-42% for the rest. The highest N_2 - fixing ability of mixtures of 39-59%, depending on the composition, was provided, as a rule, in conditions of moderate aridity according to the background $P_{45}K_{60}$ (lupine + wheat) or $N_{50}P_{45}K_{60}$ (lupine + barley and lupine + oats).*

Keywords: narrow-leaved lupine, mixed crops, productivity, elements of agricultural technology, weather.

Российское животноводство в настоящее время испытывает дефицит сбалансированных по протеину и энергии объемистых и концентрированных кормов вследствие низких площадей посева многолетних бобовых трав, зернобобовых культур как в чистых, так и в смешанных посевах [1-3].

Использование импортной сои и продуктов ее переработки для балансировки кормов по протеину приводит к росту себестоимости конечного продукта, ухудшает экономику его производства. Поэтому необходимо существенно расширять посевы бобовых культур в целом и зернобобовых – в частности, как в стране, так и в Центральном Нечерноземье, специализирующемся на производстве мясомолочной продукции, с целью доведения их площадей до научно обоснованного уровня в 40-45% севооборотной площади, совершенствовать технологию их возделывания в соответствии с региональными особенностями [4-5].

Для Нечерноземной зоны РФ, ее центральных, северных и северо-восточных областей наиболее перспективной зернобобовой культурой в этом отношении является люпин узколистный детерминантный, скороспелые сорта которого возделывают, до полной спелости за 85 дней даже на широте Котласа. В отличие от гороха в зерне люпина узколистного содержится более чем в 1,5 раза больше сырого протеина, оно богаче жиром, незаменимыми аминокислотами и микроэлементами [6]. Смешанные посевы люпина с зерновыми колосовыми обладают выраженным сороочистительным эффектом, оздоравливают фитосанитарную обстановку в поле под последующими сельскохозяйственными культурами, способствуют улучшению состава почвенной микрофлоры, повышению биологической активности почвы [7-8].

Тем не менее люпин узколистный детерминантный во многом еще остается «экзотической» культурой для хозяйств Центрального Нечерноземья за исключением южных и юго-западных областей по причине отсутствия необходимого количества семян, слабой проработки технологии возделывания. Поэтому выявление оптимального состава люпинозлаковых смесей, соотношения компонентов в семенах при посеве, реакции на средства защиты и удобрение является важной народнохозяйственной задачей. Особую актуальность необходимость совершенствования технологии возделывания люпинозлаковых смесей в регионах Нечерноземья приобретает в условиях изменяющегося климата, который в последние годы характеризуется выраженным ростом среднесуточной температуры воздуха и непредсказуемостью смены сухих и влажных периодов в течение активной вегетации.

Материалы и методика исследований

Исследования по оптимизации основных элементов технологии возделывания люпинозлаковых смесей на сенажную массу и зерно проводили в 2018-2020 годах в краткосрочном полевом опыте на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», расположенном в Новомосковском административном округе г. Москва у деревни Кривошеино. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая на мореном суглинке. Осенью после уборки предшественника (яровые зерновые) в пахотном (0-20 см) слое содержалось гумуса 1,8-2,1%, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) 180-230 и 140-200 мг/кг P_2O_5 и K_2O соответственно, pH_{KCl} 5,3-5,8.

Схемой опыта предусматривалось изучение эффективности трех норм высева детерминантного скороспелого сорта люпина узколистного Немчиновской селекции Ладный (1,4, 1,6, 1,8 млн./га) в смеси с яровой пшеницей Злата (2018-2019 г.г.) и Агата (2020 г) с ячменем Надежный (2019 г) и Златояр (2020 г), с овсом Залп (2019 г) и Яков (2020 г), высеваемых нормами высева соответственно по культурам 3,5; 3,6 и 2,25 млн./га или 60, 72 и 50% от полной нормы на двух фонах удобрения $P_{45}K_{60}$ и $N_{50}P_{45}K_{60}$. Кроме того, в схему были включены одновидовые посевы указанных яровых зерновых культур с полной нормой высева для определения количественных параметров N_2 – фиксации методом сравнения.

Закладку опытов проводили по принципу «расщепленной» делянки. Площадь делянки первого порядка (состав смеси) – 576 м², второго (удобрений) – 288 м², третьего (норма высева) – 96 м². Повторность четырехкратная.

При закладке и в процессе исследований использовали рекомендации, изложенные в руководствах: «Опытное дело в полеводстве (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (Федин, 1988), «Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии» (Трепачев, 1999), «Методика полевого опыта и обработка его данных» (Доспехов, 1985).

Об обеспеченности почвы и растений элементами питания в течение вегетации, содержании их в основной и побочной продукции судили по результатам аналитических определений, проведенных по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической Службе в аккредитованной лаборатории массовых анализов института в образцах, отобранных со всех делянок двух несмежных повторений в основные фазы развития растений (2-3 пары настоящих листьев, начало цветения люпина, «зеленый боб», полная спелость зерна). Содержание сырого протеина в надземной массе и в зерне рассчитывали умножением содержания общего азота на 6,25, обменной энергии – по формулам, приведенным в «Методических указаниях по оценке качества...» (Сычев, Лепешкин, 2009).

Мероприятия по подготовке почвы к посеву осенью включали лущение стерни предшественника, внесение фосфорных (аммофос 8:52) и калийных (бесхлорное калийное удобрение, 56% K₂O) удобрений, вспашку оборотным плугом с предплужником на 20-22 см. Весной после схода снега по мере созревания почвы – ранневесеннее боронование с целью выравнивания поверхности поля и снижения испарения влаги, культивацию на 8-12 см, внесение азотного удобрения (аммиачная селитра, 34,4% N) согласно схеме, предпосевную культивацию для заделки удобрений с одновременным выравниванием и уплотнением посевного ложа комплексным агрегатом РВК-3,6. Посев (Amazon D 9) проводили в конце апреля начале мая протравленными семенами. Из протравителей использовали: для семян зерновых колосовых – Винцит Форте, КС (1,2 л/т), для люпина – Фундазол, СП (2,0 кг/т) (2018 г.), Дивиденд Стар (0,6 л/т) (2019 г.), ТМТД, ВСК (3 л/т) + Табу (0,5 л/т) (2020 г.).

За двое суток до посева семена люпина обрабатывали 5% раствором молибденово-кислого аммония, а в день посева – активным штаммом азотфиксирующих бактерий производства ВНИИСХМ (г. Пушкин, Ленинградской обл.).

В процессе вегетации люпинозлаковых смесей гербициды не применяли, но использовали двукратную обработку баковой смесью из фунгицида Колосаль Про (0,6 л/га) и инсектицида Данадим (0,7 л/га) (2018-2019 гг.), Борей Нео (0,15 л/га) в 2020 году в фазе 2-3 пары настоящих листьев люпина (кущение зерновых) и в начале цветения люпина (колошение, выметывание метелки зерновых колосовых). Кроме того, в эти же фазы развития растений проводили обработку посевов ростостимулятором с антистрессовым эффектом (Гумистим Zn, В) для ускорения выхода растений из стрессовой ситуации, обусловленной метеорологическим фактором.

Учет урожая сплошной поделяночный: сенажной массы – роторной миникосилкой, агрегируемой с трактором КМЗ, зерна – селекционным комбайном Wintersteiger.

Метеорологические условия вегетационных периодов (май-август) 2018-2020 годов заметно отличались от средних многолетних. По величинам гидротермического коэффициента (по Селянинову) 2018-2019 годы характеризовались умеренной засушливостью (ГТК 0,92-1,00), 2020 год – избыточным увлажнением (ГТК 2,69) при средней многолетней величине 1,52 (табл. 1).

Таблица. 1

Гидротермический коэффициент периода активной вегетации люпинозлаковых смесей. Май-август 2018-2020 гг.

Годы	Месяцы, декады												Май-август
	Май			Июнь			Июль			Август			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2018	0,31	1,06	1,22	1,59	0,24	0,96	2,65	2,68	0,32	0,09	1,00	0,54	1,00
2019	2,77	0,24	0,47	0,04	0,79	2,71	0,42	1,87	0,32	1,88	0,60	-	0,92
2020	0,76	8,26	9,34	3,63	2,24	0,91	3,57	2,68	1,87	0,43	0,45	-	2,69
Сред. многол.	1,32	1,44	1,39	1,41	1,38	1,69	1,67	1,49	1,57	1,51	1,64	1,74	1,52

Отмеченные особенности метеорологических условий не могли не сказаться на N_2 – фиксирующей способности и продуктивности рассматриваемых люпинозлаковых смесей.

Результаты исследований

Поскольку люпин узколиственный, особенно его детерминантные сорта не выдерживают конкуренции со злаковым компонентом смесей за факторы жизнеобеспечения, способность последнего к фиксации атмосферного азота в смешанном агрофитоценозе заметно ниже в сравнении с одновидовым посевом.

Судя по коэффициенту N_2 – фиксации (доля биологического азота в общем накоплении этого элемента в надземной массе) в годы наших исследований его величины в зависимости от гидротермических условий, состава смесей, удобрений и норм высева люпина варьировали в очень широких пределах от 0-7% до 59%. В среднем по факторам, кроме изучаемого, у смесей люпина с яровой пшеницей и с ячменем доля симбиотически связанного азота в общем накоплении составляла 29 и 30%, у люпиноовсяной смеси уменьшалась до 22%.

У всех изучаемых нами смесей способность фиксировать азот наилучшим образом проявлялась в годы, характеризующиеся умеренной засушливостью в течение активной вегетации (ГТК 0,92-1,00), когда коэффициент N_2 - фиксации в среднем составлял 30-36%. В очень неблагоприятном 2020 году при ГТК 2,69 (избыточное увлажнение) величины рассматриваемого показателя падали в среднем до 9-15% или азотфиксация и вовсе отсутствовала (как у смеси люпина с ячменем). В этих условиях размеры накопления фиксированного из атмосферы азота в урожае надземной массы снижались с 35-51 кг/га до 6-7 кг/га или на 83-86% (табл. 2).

Изучаемые смеси по-разному реагировали на предпосевное внесение азотного удобрения. Так, у смеси люпина с яровой пшеницей доля фиксированного азота в биомассе под влиянием этого фактора уменьшилась в среднем с 33% до 25%, а у люпиноячменной и люпиноовсяной смесей – наоборот увеличилась с 11% и 16% до 19% и 29% соответственно. В последнем случае положительное влияние предпосевого удобрения на азотфиксацию в наибольшей степени проявлялось в условиях избыточного увлажнения (табл. 2).

Повышение нормы высева люпина в семенах при посеве оказывало различное влияние на способность к фиксации азота смешанным посевом. В среднем за 2019-2020 годы увеличение нормы высева люпина с 1,4 до 1,6-1,8 млн./га снижало коэффициент N_2 - фиксации люпинопшеничной смеси с 33% до 26-21%, но не влияло на величину этого показателя у смеси люпина с ячменем, которая изменялась при этом в пределах 29-31%. У люпиноовсяной смеси максимум N_2 – фиксации в среднем за 2019-2020 годы наблюдался при норме высева люпина 1,6 млн./га, когда в надземной массе накапливалось 24 кг/га N_{ϕ} , а коэффициент N_2 - фиксации составлял 28%. Как снижение нормы высева люпина в смеси до 1,4 млн./га, так и увеличение до 1,8 млн./га способствовало уменьшению фиксации азота атмосферы (табл. 2).

Таблица 2

N₂ - фиксирующая способность люпинозлаковых смесей в зависимости от состава, удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях вегетационного периода 2018-2020 гг.

Состав смеси	Варианты удобрений	Годы	ГТК за май-август	Урожайность сухой массы, ц/га			Азот в сухой массе, кг/га						Коэффициент N ₂ -фиксации, %		
							общий			фиксированный					
				Нормы высева											
				1,4	1,6	1,8	1,4	1,6	1,8	1,4	1,6	1,8	1,4	1,6	1,8
Люпин+пшеницаяровая	P ₄₅ K ₆₀	2018	1,00	40,0	48,5	49,7	98	105	130	37	36	47	38	34	36
		2019	0,92	56,5	54,3	55,9	152	134	134	85	59	38	56	44	28
		2020	2,69	23,1	24,7	23,6	29	50	28	3	22	2	10	44	7
	N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	2018	1,00	38,2	37,2	38,6	139	139	106	48	50	25	34	36	24
		2019	0,92	50,7	81,8	65,7	119	222	183	449	67	68	41	30	37
		2020	2,69	38,8	36,9	41,7	53	43	41	9	3	0	17	7	0
Люпин+ячмень	P ₄₅ K ₆₀	2019	0,92	63,8	48,8	65,3	119	80	74	36	13	13	30	16	18
	N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀			52,5	73,3	78,6	125	128	132	35	55	58	28	43	44
Люпин+овес	P ₄₅ K ₆₀	2019	0,92	64,8	71,2	67,0	137	97	113	37	18	37	27	19	33
		2020	2,69	26,8	28,2	34,5	37	32	40	6	0	0	16	0	0
	N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	2019	0,92	80,4	64,7	82,8	111	145	131	36	48	46	32	33	35
		2020	2,69	28,7	34,7	34,8	40	51	39	6	30	0	15	59	0

В целом, на основании полученных нами результатов не представляется возможным сделать однозначный выбор в пользу той или иной нормы высева люпина в рассматриваемых смесях, обеспечивающей достойные размеры азотфиксации и требуется продолжение исследований.

Следовательно, наилучшие условия для фиксации азота смесью люпина узколистного с яровой пшеницей в годы исследования отмечались в условиях умеренной засушливости на фоне осеннего внесения $P_{45}K_{60}$ и норме высева бобового компонента 1,4 млн./га + 3,5 млн./га яровой пшеницы. При этом, в надземной массе накапливалось в среднем более 60 кг/га $N_{\text{биол.}}$, а коэффициент N_2 - фиксации составлял 47%. У смеси люпина с ячменем и люпина с овсом максимальная N_2 - фиксация также наблюдалась в условиях умеренной засушливости, но на фоне полного минерального удобрения с предпосевным внесением N_{50} и нормах высева люпина в смесях 1,6 и 1,8 млн./га. На отмеченных вариантах в сухой надземной массе аккумулировалось 55-58 кг/га и 46-48 кг/га $N_{\text{биол.}}$ или 43-44% и 33-35% от общего накопления соответственно.

Нами установлено, что в среднем за годы исследований наименьшей продуктивностью как при возделывании на сенаж, так и на зерно выделялась смесь люпина с ячменем. Она обеспечивала получение 57,6 ц/га сухой сенажной массы и 30,5 ц/га зерна, в которых накапливалось 51,4 и 41,7 ГДж/га обменной энергии, 7,50 и 5,82 ц/га сырого протеина соответственно.

Люпинопшеничная и люпиноовсяная смеси были более продуктивны, увеличивая сбор сенажа на 18-20%, урожайность зерна – на 8% и 30%, накопление обменной энергии – на 21-22% и на 12-31%, сбор сырого протеина – на 13-15% и на 20-24% соответственно.

При этом, если по урожайности сенажной массы и зерна, накоплению в них обменной энергии наиболее высокими величинами выделялась смесь люпина с овсом, которая обеспечивала получение в среднем 69,4 ц/га сухой массы и 39,6 ц/га зерна с содержанием в них до 40% бобового компонента, то по сбору сырого протеина – люпинопшеничная смесь, в урожае сенажной массы которой его накапливалось порядка 9-5 ц/га, в урожае зерна – 7,24 ц/га или на 10% и 24% больше.

При выращивании на сенаж все изучаемые люпинозлаковые смеси наиболее высокую продуктивность создавали в условиях умеренной засушливости в течение вегетационного периода и снижали её на 8-42% в зависимости от показателя при избыточном увлажнении. Наиболее устойчивой к изменению погодных условий оказалась люпиноовсяная смесь. Уменьшение продуктивности у нее в связи с ухудшением условий увлажнения находилось в пределах 8-24%, а наиболее уязвимой – смесь люпина с яровой пшеницей (-14-42%). Между ними располагалась смесь люпина с ячменем у которой показатели продуктивности от избыточного увлажнения снижались на 19-25%. При этом у всех смесей в наибольшей степени уменьшилось накопление сырого протеина в урожае (-24-42%), что очевидно, обусловлено негативным влиянием большого количества выпавших осадков на азотфиксацию (табл. 3-4).

При выращивании на зерно от избыточного увлажнения наиболее страдала смесь люпина с ячменем. Она снижала урожайность в среднем на 21% (с 33,2 ц/га до 26,3 ц/га), сбор сырого протеина – на 10% (с 6,12 ц/га до 5,53 ц/га), накопление обменной энергии – на 22% (с 41,8 ГДж/га до 32,8 ГДж/га).

Зерновая продуктивность смесей люпина узколистного с яровой пшеницей и с овсом под влиянием избыточного увлажнения повышалась на 3-31% и на 29-35% соответственно в зависимости от показателя. При этом в урожае зерна люпиноовсяной смеси на треть увеличивалось накопление протеина и энергии, а урожайность возрастала на 35% и достигала 45,5 ц/га, а сбор протеина и энергии – 7,83 ц/га и 55,3 ГДж/га (табл. 3-4).

Таблица 3

Продуктивность люпинопшеничной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях в течение активной вегетации, 2018-2020 гг.

Дозы удобрений, кг/га, «А»	Нормы высева в смеси, млн./га «В»	Показатели продуктивности								
		Урожайность, ц/га			Сбор сырого протеина, ц/га			Накопление обменной энергии, ГДж/га		
		Годы исследований								
		2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
		гидротермический коэффициент								
		1,00	0,92	2,69	1,00	0,92	2,69	1,00	0,92	2,69
Сенажная масса										
P ₄₅ K ₆₀	1,4	69,3	56,5	37,4	9,71	9,50	5,31	64,4	55,5	34,1
	1,6	86,2	54,3	61,4	11,32	8,40	6,35	78,7	51,9	55,3
	1,8	68,2	55,8	57,9	11,29	8,40	7,56	67,2	52,8	50,1
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	60,1	50,7	78,6	7,98	7,50	6,83	54,9	47,8	62,4
	1,6	103,3	81,8	66,2	14,79	13,90	6,07	96,7	80,7	56,6
	1,8	103,5	65,7	66,3	16,52	11,50	6,51	100,6	65,5	57,5
HCP ₀₀₅ , ц/га А		8,5	5,2	12,5						
В		10,4	8,7	10,2						
AB		14,4	9,2	17,7						
Зерно										
P ₄₅ K ₆₀	1,4	28,2	31,7	34,1	7,62	7,26	5,84	36,4	40,8	41,1
	1,6	31,3	29,3	32,1	7,81	6,62	8,41	40,2	37,6	40,5
	1,8	31,7	32,7	34,2	8,01	7,68	9,04	40,7	42,2	43,4
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	27,8	29,5	46,0	6,86	6,14	7,13	35,9	37,6	55,7
	1,6	30,0	27,4	45,0	7,45	6,19	6,82	38,7	35,2	53,8
	1,8	28,6	30,8	44,3	7,50	6,87	7,13	37,0	39,5	53,4
HCP ₀₀₅ , ц/га А		2,6	1,9	4,4						
В		3,2	2,3	3,6						
AB		4,6	3,8	6,2						

Следовательно, из трех изучаемых смесей люпиноовсяная и люпинопшеничная по показателям продуктивности и реакции на изменение погодных условий наиболее подходят к возделыванию в регионах Центрального Нечерноземья.

С увеличением нормы высева люпина в семенах при посеве от 1,4 млн./га до 1,6-1,8 млн./га сбор сухой сенажной массы у смесей люпина с яровой пшеницей и люпина с ячменем в среднем за годы исследования возрастал соответственно на 18-28% и 6-9%, накопление сырого протеина – на 30-32% и 8-11%, обменной энергии – на 23-32% и 6-8%. Близкая к максимальной продуктивность (97-98%) у них обеспечивалась нормой высева люпина 1,6 млн./га. Для смеси люпина с овсом наиболее эффективна норма высева бобового компонента 1,4 млн./га. При отмеченных параметрах урожайность сухой массы составляла в среднем 75,5, 58,2, и 72,2 ц/га, накопление обменной энергии в урожае 70,0, 52,9, и 64,0 ГДж/га, а сбор сырого протеина достигал максимальных значений 10,14, 7,60, и 8,70 ц/га соответственно по составу.

Соотношение компонентов в конечной продукции на отмеченных оптимальных вариантах норм высева люпина наиболее благоприятным было у смесей люпина с яровой пшеницей и у люпина с ячменем, где доля люпина соответственно составляла 48 и 46%. У смеси люпина с овсом преобладал злаковый компонент, доля которого доходила до 65% (табл. 3-6).

Таблица 4

Продуктивность люпиноячменной и люпиноовсяной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях в течение активной вегетации, 2019-2020 гг.

Дозы удобрений, кг/га, «А»	Нормы высева в смеси, млн./га «В»	Люпин+ячмень						Люпин+овес					
		Урожайность, ц/га		Сбор сырого протеина, ц/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га		Урожайность, ц/га		Сбор сырого протеина, ц/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	
		Годы исследований											
		2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
		Гидротермический коэффициент											
		0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69
		Сенажная масса											
P ₄₅ K ₆₀	1,4	63,8	38,1	8,90	5,37	59,0	33,5	68,4	57,9	8,00	7,72	57,8	53,3
	1,6	48,8	50,0	6,70	5,98	44,9	44,2	71,2	50,0	9,20	5,76	64,4	44,2
	1,8	65,3	44,5	7,60	6,33	49,3	41,4	67,0	61,6	9,20	5,86	61,7	52,0
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	52,7	64,5	6,50	7,48	46,9	56,6	80,4	82,3	10,20	8,86	73,2	71,6
	1,6	73,3	61,6	10,60	7,13	68,6	54,0	64,7	80,0	9,30	9,08	60,4	71,0
	1,8	78,6	50,0	11,0	6,40	72,8	45,1	82,7	66,1	11,90	6,91	77,2	57,0
HCP ₀₀₅ , ц/га А		8,0	3,7					9,1	5,8				
В		8,3	5,5					8,4	7,2				
AB		15,2	9,5					14,6	10,1				
Зерно													
P ₄₅ K ₆₀	1,4	33,0	22,2	6,24	4,91	41,6	27,9	36,2	43,9	6,81	8,75	45,7	54,3
	1,6	32,8	23,6	6,36	5,64	41,5	29,8	36,7	40,0	6,75	7,93	46,2	49,4
	1,8	36,8	23,6	7,51	4,40	46,8	29,0	36,2	43,3	6,81	6,83	45,7	52,3
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	30,4	28,8	4,86	6,39	37,6	36,3	26,4	45,9	4,57	6,36	33,0	54,7
	1,6	32,6	29,7	5,64	6,51	40,8	37,1	33,6	47,8	5,75	8,40	41,9	58,1
	1,8	33,6	30,0	6,12	5,33	42,2	36,7	33,0	52,2	5,87	8,73	41,4	63,0
HCP ₀₀₅ , ц/га А		2,9	3,6					2,0	5,2				
В		3,5	3,0					2,5	4,3				
AB		5,0	5,1					3,6	7,4				

При возделывании рассматриваемых смесей на зерно повышение доли люпина в семенах практически не оказывало влияния на их зерновую продуктивность и накопление обменной энергии в урожае, но приводило к достоверным положительным изменениям в накоплении сырого протеина, носившим как правило затухающий характер.

В среднем за годы исследований наиболее высокие величины продуктивности люпинопшеничной смеси отмечались при норме высева люпина 1,8 млн/га: урожайность зерна и накопление обменной энергии составили 33,7 ц/га и 42,8 ГДж/га (+2 и 4% к наименьшей норме высева), сбор сырого протеина – 7,70 ц/га (+13%).

У смеси люпина с ячменем и с овсом наиболее высокие величины продуктивности создавались при норме высева люпина в семенах 1,6 млн/га, а урожайность достигала соответственно 29,7 ц/га и 39,5 ц/га, накопление обменной энергии – 37,4 и 48,9 ГДж/га или + 4% и 5% к норме высева 1,4 млн/га, а сбор сырого протеина составил 6,04 и 7,21 ц/га, что превышало величину аналогичного показателя при наименьшей норме высева на 8 и 9%. Соотношение компонентов смесей в конечном урожае при указанных оптимальных нормах высева люпина в смешанных посевах с участием яровой пшеницы и ячменя составляло 48:52 и 42:58. В тоже время у смеси люпина с овсом преобладал злаковый компонент, доля которого составила 72% (табл. 3-6).

Таблица 5

Ботанический состав люпинопшеничной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях вегетационного периода. 2018-2020 гг.

всеглаженного периода: 2018-2020 гг.							
Дозы удобрений, кг/га	Норма высева люпина в смеси, млн./га	Годы исследований					
		2018		2019		2020	
		Гидротермический коэффициент					
		1,00		0,92		2,69	
		Компоненты смеси, %					
		бобовый	злаковый	бобовый	злаковый	бобовый	злаковый
Сенажная масса							
P ₄₅ K ₆₀	1,4	65	35	68	32	70	30
	1,6	54	46	58	42	44	56
	1,8	67	33	60	40	51	49
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	42	58	61	39	20	80
	1,6	40	60	62	38	30	70
	1,8	52	48	47	53	41	59
Зерно							
P ₄₅ K ₆₀	1,4	62	38	50	50	24	76
	1,6	60	40	48	52	58	42
	1,8	61	39	54	46	59	41
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	58	42	34	66	14	86
	1,6	52	48	37	63	16	84
	1,8	53	47	36	64	22	78

Отмеченные особенности влияния норм высева люпина в смесях при посеве на продуктивность в зависимости от целей возделывания следует учитывать в практике их использования в кормопроизводстве Центрального Нечерноземья.

Реакция люпинозлаковых смесей на предпосевное внесение азота минеральных удобрений находилась в зависимости от целей их выращивания. При возделывании на сенаж независимо от условий увлажнения применение азота приводило к росту продуктивности. Сбор сухой массы возрастал на 10-35% в сравнении с фосфорно-калийным фоном в зависимости от состава. Накопление обменной энергии в ней увеличивалось на 15-34%, выход сырого протеина на 19-28%. На фоне N₅₀P₄₅K₆₀ максимальная урожайность сухой сенажной массы достигала 75,9-77,6 ц/га, накопление сырого протеина 10,47-12,04 ц/га,

обменной энергии 70,3-74,4 ГДж/га. Эти величины создавались при возделывании люпинопшеничной и люпиноовсяной смесей при умеренной засушливости. Максимальная продуктивность люпиноячменной смеси составляла только 83-89% от указанных выше значений (табл. 3-6).

Таблица 6

Ботанический состав люпиноячменной и люпиноовсяной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях вегетационного периода

Дозы удобрений, кг/га	Норма высева люпина в смеси, млн./га	Годы исследований	ГТК	Состав смеси			
				Люпин+ячмень		Люпин+овес	
				Бобовый	Злаковый	Бобовый	Злаковый
Сенажная масса							
P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	52	48	30	70
		2020	2,69	66	34	58	42
	1,6	2019	0,92	52	48	41	59
		2020	2,69	54	46	56	44
	1,8	2019	0,92	38	62	40	60
		2020	2,69	66	34	32	68
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	35	65	11	89
		2020	2,69	39	61	42	58
	1,6	2019	0,92	33	67	30	70
		2020	2,69	46	54	39	61
	1,8	2019	0,92	28	72	19	81
		2020	2,69	60	40	39	61
Зерно							
P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	38	62	24	76
		2020	2,69	44	56	44	56
	1,6	2019	0,92	42	58	23	77
		2020	2,69	59	41	44	56
	1,8	2019	0,92	44	56	25	75
		2020	2,69	32	68	21	79
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	24	76	16	84
		2020	2,69	43	57	16	84
	1,6	2019	0,92	27	73	14	86
		2020	2,69	38	62	32	68
	1,8	2019	0,92	24	76	14	86
		2020	2,69	25	75	28	72

При выращивании на зерно в условиях умеренной засушливости азот удобрений оказывал отрицательное влияние на продуктивность смесей, урожайность которых в зависимости от состава снижалась в среднем на 6-15%, сбор сырого протеина и энергии – на 9-20% и 6-16% в сравнении с величинами аналогичных показателей на фосфорно-калийном фоне. Максимальной продуктивностью выделялась люпиноовсяная смесь, обеспечившая без внесения азотного удобрения получение в среднем более 36 ц/га зерна, в котором накапливалось около 7 ц/га сырого протеина и до 46 ГДж/га обменной энергии, а доля люпина в конечном урожае составляла 24%. Однако наибольшим накоплением сырого протеина характеризовалась все же смесь люпина узколистного с яровой пшеницей – 7,50

ц/га или на 10% выше. В ее составе преобладал люпин, доля которого составила 56% (табл. 3-6).

В условиях большого количества осадков за вегетацию (ГТК 2,69) азот удобрения в комплексе с двукратной обработкой посевов антистрессантом помогал растениям справиться с переувлажнением. Он повышал урожайность зерна и накопление обменной энергии в нем на 15-35% и 13-30% соответственно в зависимости от состава смесей.

Однако его влияние на накопление сырого протеина в урожае носило противоречивый характер и зависело от состава смесей. Если у люпинопшеничной смеси под влиянием этого фактора уровень накопления сырого протеина уменьшался на 9% в сравнении с величиной на фоне РК, то у смеси люпина с ячменем – наоборот возрастал на 22% или с 4,28 ц/га до 6,08 ц/га, а у люпиноовсяной величины этого показателя были равными 7,84% и 7,83 ц/га. Максимальной продуктивностью также выделялась смесь люпина с овсом с урожайностью зерна около 50 ц/га, накоплением протеина и энергии 7,83 ц/га, 60,1 ГДж/га при доле люпина в зерносмеси 25% (табл. 3-6).

Заключение

На хорошо обеспеченной фосфором и калием среднесуглинистой дерново-подзолистой почве Центра Нечерноземной зоны России люпинозлаковые смеси на сенаж с участием люпина узколистного детерминантного сорта Ладный, яровой пшеницей, ячменем или овсом наиболее высокую продуктивность обеспечивали при посеве нормами высева люпина в смеси 1,6-1,8 млн./га, зерновых 3,5; 3,6 и 2,25 млн./га или 60, 72 и 50% от полной нормы высева на фоне $N_{50}P_{45}K_{60}$ в условиях умеренной засушливости (ГТК 0,92-1,00). Сбор сенажной массы в зависимости от состава достигал 73-93 ц/га, обменной энергии и протеина 73-89 ГДж/га и 9,2-14,3 ц/га. Ухудшение метеорологических условий вследствие переувлажнения снижало показатели продуктивности на 8-42%.

При выращивании на зерно реакция смешанных посевов на изучаемые элементы агротехнологии зависела от погодных условий вегетационного периода. Смесей люпина с яровой пшеницей и с овсом наиболее высокую продуктивность создавали при избыточном увлажнении (ГТК 2,60) по тем же параметрам агротехнических факторов, что и при выращивании на сенаж: урожайность 45 и 52 ц/га, выход сырого протеина 6,8 и 8,7 ц/га, накопление обменной энергии 54 и 63 ГДж/га.

Для люпиноячменной смеси наилучшие условия формирования зерновой продуктивности обеспечивались при умеренной засушливости вегетационного периода, посеве нормами высева 1,8 + 3,6 млн./га по фону $P_{45}K_{60}$: урожайность 36,8 ц/га, сбор протеина 7,5 ц/га, обменной энергии 47 ГДж/га.

N_2 - фиксирующая способность смеси люпина с яровой пшеницей наибольших величин, судя по доле $N_{биол.}$ в урожае надземной массы, достигала в условиях умеренной засушливости на фоне $P_{45}K_{60}$ и составляла в среднем 39%, у люпиноячменной – 44% по фону $N_{50}P_{45}K_{60}$, а у смеси люпина с овсом при избыточном увлажнении также на фоне полного минерального удобрения – 59%.

Литература

1. Артюхов А.И., Гапонов Н.В. Перспективные подходы к решению проблемы протеиновой питательности кормов // Научные основы повышения эффективности систем земледелия и животноводства / Труды регион. науч.-практ. конф. – Калуга. – 2011. – С. 14-48.
2. Мазуров В.Н., Лукашов В.Н., Исаков А.Н. Использование зернобобовых культур и бобово-злаковых смесей на корм скоту в условиях Калужской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. - № 2 (6). - С.123-125.
3. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунцова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26) – С. 4-10.
4. Шпаков А.С., Волович В.Т. Кормопроизводство Центрального Федерального округа: состояние и перспективы развития // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство / Сб. науч. трудов. – М. – 2017. Вып. 15 (63). – С. 5-13.
5. Исаева Е.И. Способы использования люпина в севообороте как важный фактор биологизации системы кормопроизводства в условиях юго-запада Нечерноземной зоны России // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство / Сб. науч. трудов. – М.: – 2016. Вып. 10 (58). – С. 103-108.
6. Дебелый Г.А., Рыжков Т.Ф. Биохимические исследования зерновых бобовых культур в НИИСХ ЦРНЗ // Материалы науч.-практ. конф. Немчиновка. – 2006. – С. 104-109.

7. Купцов Н.С., Такунов И.П. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы. – Брянск, Клинцы: Изд.- во ГУН «Клинцовская городская типография», – 2006. – 576 с.
8. Новиков М.Н., Такунов И.П. Смешанные посевы с люпином в земледелии Нечерноземной зоны. – М.: ООО «Столичная типография». – 2008. – 160 с.

References

1. Artyukhov A.I., Gaponov N.V. Promising approaches to solving the problem of protein nutritional value of feed. Scientific bases for increasing the efficiency of farming and livestock systems. Proceedings of the region. scientific-practical conf., Kaluga, 2011, pp. 14-48. (In Russian)
2. Mazurov V.N., Lukashov V.N., Isakov A.N. The use of leguminous crops and legume-cereal mixtures for livestock feed in the conditions of the Kaluga region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2013, No. 2 (6). p. 123-125. (In Russian)
3. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Development of production of leguminous crops in the Russian Federation. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, No. 2, pp. 4-10. (In Russian)
4. Shpakov A.S., Volovich V.T. Feed production of the Central Federal District: state and development prospects. Multifunctional adaptive feed production. Coll. scientific works. Moscow, 2017, 15 (63), pp. 5-13. (In Russian)
5. Isaeva E.I. Methods of using lupine in crop rotation as an important factor in the biologization of the forage production system in the south-west of the Non-Chernozem zone of Russia. Multifunctional adaptive forage production. Coll. scientific works. Moscow, 2016. Issue. 10 (58), pp. 103-108. (In Russian)
6. Debely G.A., Ryzhkov T.F. Biochemical studies of grain legumes in the Research Institute of Agriculture TsRNZ. Materials of scientific and practical conf. Nemchinovka, 2006, pp. 104-109. (In Russian)
7. Kuptsov N.S., Takunov I.P. Lupine - genetics, breeding, heterogeneous crops. Bryansk, Klinty, *GUN "Klintovskaya city printing house"*, 2006, 576 p. (In Russian)
8. Novikov M.N., Takunov I.P. Mixed crops with lupine in agriculture in the Non-Black Earth Zone, Moscow, *ООО «Stolichnaya tipografiya»*, 2008, 160 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-119-124

УДК 633.367.2:631.526.32

БЕЛОРОЗОВЫЙ 144 – НОВЫЙ СОРТ КОРМОВОГО УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА

П.А. АГЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-5928-5168

Н.А. ПОЧУТИНА, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002- 8285- 4880

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

E- mail: lupin_mail@mail.ru

По результатам исследований в конкурсном сортоиспытании изложена характеристика нового кормового, среднеспелого сорта узколистного люпина Белорозовый 144, который относится к универсальному типу использования в кормлении всех видов животных и птицы. Селекционная работа при создании сорта была направлена на отбор растений с быстрым темпом начального роста, сочетающего продуктивность с устойчивостью к болезням. Сорт отличается интенсивным начальным ростом, имеет развитое боковое ветвление (индетерминантный морфотип), поэтому в некоторой степени способен подавлять рост и развитие сорняков. По высоте растений новый сорт превышает стандарт и ранее созданные сорта на 12...15 см. Продолжительность его вегетационного периода 88...103 дня. Средняя урожайность по зерну 25...30 ц/га, потенциальная – 40 ц/га; по зеленоукошной продукции 340...400 ц/га, потенциальная – до 600 ц/га. Содержание сырого протеина в зерне 33,0-36,0%, алкалоидов - 0,027-0,050%.

Ключевые слова: люпин узколистный, сорт, сортоиспытание, урожайность.

BELOROZOVY 144 IS A NEW FEED NARROW-LEAFED LUPIN VARIETY

P.A. Ageeva, N.A. Potchutina

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

E- mail: lupin_mail@mail.ru

Abstract: *The article presents the description of a new feed middle-ripening narrow-leaved lupin variety Belorozovy 144 according with the competition test results. The variety is of universal use type as feed for every animal and poultry species. The breeding process during the variety development was aimed to selection of plants with rapid initial growth combined productivity and disease resistance. The variety has intensive initial growth, developed lateral branching (indeterminate morphotype), thus in some ways it can inhibit the weeds growth and development. The new variety exceeds the standard and early developed varieties for plant height in 12...15 cm. Its vegetation period takes 88...103 days. The average grain yield is 25...30 cwt/ha, the potential one – 40 cwt/ha. The average green mass yield is 340...400 cwt/ha, the potential one – to 6000 cwt/ha. The content of grain raw protein is 33.0-36.0%, the alkaloid content is 0.027-0.050%.*

Keywords: narrow-leaved lupin, variety, variety testing, yield

Введение

Расширение ассортимента кормовых культур является актуальной проблемой кормопроизводства. При этом большую роль играет подбор культур, которые должны характеризоваться высокой и стабильной урожайностью, хорошими кормовыми достоинствами, меньшими энергозатратами на возделывание, высокой биологической пластичностью и адаптивностью, меньшей требовательностью к почвенно-климатическим условиям и рационально использующие агроклиматические условия зоны возделывания [1]. Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) исторически древняя культура, но создание кормовых сортов с изменёнными мутантными генами, пригодными для использования в

сельскохозяйственном производстве, начато лишь во второй половине XX века [2]. По сравнению с другими видами, имеющими производственное значение, современные сорта узколистного люпина отличаются такими ценными свойствами, как скороспелость, индифферентность к почвенному плодородию, быстрый темп роста и способность наращивать хороший урожай зелёной массы за короткий период. Узколистный люпин относительно устойчив к антракнозу – грибковому заболеванию, сильно поражающему другие окультуренные виды. Он отличается многообразием экотипов, что делает возможным культивирование его в кардинально различающихся почвенно-климатических зонах.

Цель исследований заключалась в создании нового сорта узколистного люпина с улучшенными хозяйственно-биологическими признаками для использования его в сельскохозяйственном производстве.

Условия и методы проведения исследований

ВНИИ люпина находится в Юго-Западной зоне Центрального региона. Почвы дерново-подзолистые, суглинистые, окультуренные, имеют средний уровень плодородия, содержание гумуса 2,0-2,4% (по Тюрину), реакция почвенного раствора pH 5,0-5,7. Перед передачей на государственное сортоиспытание новый сорт узколистного люпина Белорозовый 144 изучался в конкурсном сортоиспытании в 2015-2017 гг. Погодные условия в годы проведения опыта были не слишком благоприятными для культуры узколистного люпина. В летний период наблюдалась жёсткая засуха в критические фазы роста и развития люпина, которая отрицательно влияла на формирование урожая. В научно-исследовательской работе использовали технологию возделывания узколистного люпина, разработанную во Всероссийском НИИ люпина [3]. Закладка опытов, визуальные наблюдения и учёты, биохимические анализы проводили по общепринятым в селекционной работе методикам [4].

Результаты и обсуждение

Сорт узколистного люпина Белорозовый 144 выведен методом межсортовой ступенчатой гибридизации с последующим многократным отбором среднеспелых, продуктивных растений. Исходные формы: [(ФЛП Чбс 9 х Узколистный 42) х Белозёрный 110 с/з]. Ботаническое определение: *Lupinus angustifolius* var. *albosyringeus*. Оригинатор – ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Сорт Белорозовый 144 внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве по всем регионам Российской Федерации с 2019-го года; патент №10701 от 19.11.2019 года [5].



По люпину узколистному во ВНИИ люпина к настоящему времени создана серия яровых урожайных сортов: Витязь, Брянский кормовой, Белозёрный 110, Смена и другие [3]. Однако, для реализации высокого потенциала продуктивности в условиях меняющегося климата, эта культура нуждается в дальнейшем повышении потенциала ее адаптивности. Существенно повысить адаптивность как средства реализации высокой продуктивности в различных почвенно-климатических и агротехнических условиях можно только селекционным путём.

Рис. 1. Сорт Белорозовый 144, фаза цветения

Сорт Белорозовый 144 – кормовой, относится к универсальному типу использования в кормлении всех видов животных и птицы. Зерно в рационах рекомендуется использовать в качестве высокобелковой добавки при нормализации концентрированных кормов по переваримому протеину; зеленую массу в смеси со злаковыми культурами – в качестве зеленой сочной подкормки и для приготовления силоса, сенажа и зерносенажа. Отличается интенсивным начальным ростом. По высоте растений превышает все ранее созданные сорта, имеет развитое боковое ветвление (индетерминантный морфотип), поэтому в некоторой степени способен подавлять рост и развитие сорняков. В ходе селекции этого вида люпина происходит накопление в генотипах мутантных неаллельных рецессивных генов, ускоряющих начальный рост растений. Селекционная работа при выведении сорта Белорозовый 144 была направлена на отбор растений с быстрым темпом начального роста, как наиболее приспособленных к агрофитоценозам. Посевы быстрорастущих сортов более полно используют почвенные факторы весеннего плодородия (влагу, питательные вещества, структурный и воздушный режимы и так далее), раньше затевают поверхность почвы, создавая тем самым значительную конкуренцию сорнякам. По высоте растений новый сорт превышает стандарт и ранее созданные сорта на 12...15 см.

Всходы имеют хорошо выраженную антоциановую окраску, стебель и листья также имеют следы антоциана. В период формирования репродуктивных органов антоциан нивелируется и вегетативные органы приобретают обычную зелёную окраску. Цветок белорозовый, семена белые с желтоватым оттенком, который проявляется вследствие тонкой оболочки семян. Анализ её содержания показал, что Белорозовый 144 отличается от всех изученных по этому признаку сортов узколистного люпина наименьшим её количеством. Доля семенной оболочки составляет 18,7%. Семена крупные, масса 1000 семян (абсолютный вес) на 32,9 грамма больше, чем у стандарта (табл. 1).

Таблица 1

**Хозяйственно-биологическая характеристика сорта Белорозовый 144
(среднее за 2015-2017 гг.)**

Показатели	Единица измерений	Витязь, стандарт	Белорозовый 144	Отклонение от стандарта
Урожайность сухого вещества зеленой массы	ц/га	51,7	63,8	+12,1
Укосный период	дни	55	62	+7
Содержание сырого протеина в зерне	%	34,7	33,7	-1,0
Содержание сырого протеина в сухом веществе зеленой массы	%	16,2	16,5	+0,3
Содержание алкалоидов в семенах	%	0,057	0,047	-0,01
Содержание алкалоидов в сухом веществе зелёной массы	%	0,022	0,021	-0,001
Масса 1000 семян	г	122,4	155,3	+32,9
Высота растений	см	53,0	67,7	+14,7

Сорт устойчив к растрескиванию бобов и осыпанию семян на корню, среднеустойчив к фузариозному поражению, толерантен к антракнозу. Как и для других сортов узколистного люпина селекции ВНИИ люпина ему достаточно одной профилактической обработки фунгицидом (Амистар, Спирит) в период стеблевания – бутонизации для надёжной защиты от антракноза на всю последующую вегетацию. В экономическом и организационном плане выгодно сочетать эту обработку с внесением инсектицида (баковая смесь), так как такие насекомые как тля, клубеньковый долгоносик, минирующая муха могут сильно повреждать узколистный люпин в начальные фазы развития.

Количественное содержание алкалоидов в семенах сорта, варьировало в диапазоне 0,027...0,053%, в сухом веществе зеленой массы – 0,009...0,021%, сырого протеина –

33,0...36,2%. Требования принятого в РФ стандарта - ГОСТ Р 54632-2011 на содержание алкалоидов в кормовом зерне люпина первого класса составляют 0,1%, второго 0,2%, третьего 0,3%. Сорт Белорозовый 144 имеет количественное содержание алкалоидов гораздо ниже допустимых норм и может использоваться в кормлении всех видов животных и птицы без опасений.

Продолжительность вегетационного периода нового сорта в зависимости от погодных условий варьирует от 88 до 103 дней. Средний по трём годам показатель равен 95 дням – созревает позже стандарта сорта Витязь на 5-10 дней (табл. 2). За годы конкурсного сортоиспытания этот показатель составил восемь дней. Из-за происходящего потепления климата и изменения гидротермического режима новый сорт в средней полосе России созревает в середине августа в благоприятный для уборки период. Ранний срок уборки сорта позволяет выращивать Белорозовый 144 на семена или зернофураж в севообороте и использовать в качестве предшественника под озимые культуры.

Таблица 2

**Урожайность и продолжительность вегетационного периода узколистного люпина
Белорозовый 144 в конкурсном сортоиспытании**

Признак	Стандарт Витязь				Белорозовый 144			
	2015	2016	2017	среднее	2015	2016	2017	среднее
Урожайность семян, ц/га	17,0	20,5	25,6	21,0	23,2	21,8	30,3	25,1
Урожайность зелёной массы, ц/га	260	281	300	280	320	316	401	346
Продолжительность вегетационного периода, дней	86	83	92	87	93	88	103	95

При передаче нового сорта в Государственную комиссию Российской Федерации по сортоиспытанию в конкурсном испытании ВНИИ люпина получена средняя урожайность зерна 25,1 ц/га. Прибавка к стандарту сорту Витязь составила 4,1 ц/га, или 19,5%. Урожайность зеленоукошной продукции составила 346 ц/га, сухого вещества 63,8 ц/га, превышение к стандарту 66,0 и 12,1 ц/га соответственно. Количественное содержание алкалоидов в семенах равно 0,047%, в сухом веществе зеленой массы 0,021%. За годы конкурсного испытания по зерновой и зеленоукошной продуктивности Белорозовый 144 превзошел стандарт на 15-20%.



Рис. 2. Сорт Белорозовый 144



Рис. 3. Сорт Белорозовый 144, репродуктивные органы

В экологическом испытании в рамках Всероссийского дня поля (Брянский ГАУ) на высокоплодородном фоне урожайность зерна сорта Белорозовый 144 составила 39,5 ц/га. В этом опыте новый сорт превзошел по урожайности зерна все представленные различными научно-исследовательскими учреждениями кормовые сорта узколистного люпина на 2,6-9,8 ц/га. На Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции (Орловская область) в условиях жёсткой засухи 2019-го года урожайность его зерна (24,0 ц/га) была на уровне лучших сортов сои и гороха. В НИИСХ Крыма при испытании в аридных условиях он превысил по урожайности зерна все районированные сорта узколистного люпина на 50-69 % [6]. За годы многолетнего изучения по сорту Белорозовый 144 получена средняя урожайность зерна 25...30 ц/га, потенциальная – 40 ц/га; по зеленоукосной продукции 340...400 ц/га, потенциальная – до 600 ц/га.

Преимущества сорта Белорозовый 144 перед ранее районированными сортами узколистного люпина:

- зерновая и зеленоукосная продуктивность – более высокая на 15-20%;
- высота растений – выше на 14-15см;
- крупносемянность – масса 1000 зерён больше на 30- 40 грамм;
- антракноз – поражения не наблюдалось;
- темп начального роста – интенсивный;
- алкалоидность семян – низкая 0,03-0,05%.

Для реализации генетического потенциала продуктивности сорта узколистного люпина Белорозовый 144 наиболее благоприятны почвенно-климатические условия европейской средней полосы России.

Заключение

Таким образом, созданный новый сорт узколистного люпина Белорозовый 144 при его внедрении в сельскохозяйственное производство будет способствовать решению проблемы дефицита растительного белка в кормопроизводстве.

Благодаря способности фиксировать атмосферный азот люпин сохраняет плодородие почвы, что выгодно сельхозпроизводителям в энергетическом и экологическом аспектах.

Литература

1. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 4-10.
2. Агеева П.А., Почутина Н.А. Агробиологическая оценка сортов и сортообразцов узколистного люпина в условиях засушливого гидротермического режима // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы 17 Международной научной конференции. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ. – 2020. – С. 246-253.
3. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Мисникова Н.В., Слесарева Т.Н., Такунов И.П., Пимохова Л.И., Яговенко Т.В. – М.: Люпин: селекция, возделывание, использование. – Брянск. – 2020. – 304 с.
4. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Москва, – 1985. – 269 с.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. – Том 1. «Сорта растений». – М.: «Росинформагротех». – 2021. – 719 с.
6. Пташник О.П. Результаты интродукции сортов и сортономеров люпина в условиях степного Крыма //Сб. материалов V Международной научной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки». – Симферополь: ИТ «Ариал», – 2020. – С. 150-153.

References

1. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Razvitie proizvodstva zernobobovykh kul'tur v Rossijskoj Federacii [Development of the production of legumes in Russian Federation]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2018, vol. 2, no. 26, pp. 4-10. (In Russian)
2. Ageeva P.A., Pochutina N.A. Agrobiologicheskaja ocenka sortov i sortoobrazcov uzkolistnogo ljupina v uslovijah zasushlivogo gidrotermicheskogo rezhima [Agro-and-biological evaluation of narrow-leaved lupin varieties and breeding lines under dry conditions]. *Agrojekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK: materialy 17 Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Proc. of the 17 International Scientific Conference Agroecological aspects of the stable development of APC]. *Brjansk, Brjanskij GAU*, 2020, pp. 246 – 253. (In Russian)
3. Kosolapov V.M., Jagovenko G.L., Lukashevich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V., Misnikova N.V., Slesareva T.N., Takunov I.P., Pimohova L.I., Jagovenko T.V. Ljupin – selekcija, vozdeljvanie, ispol'zovanie [Lupin – breeding, cultivation and use]. *Brjansk*, 2020, 304 p. (In Russian)
4. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skhozjajstvennykh kul'tur [Methods for the State testing of varieties of agricultural crops]. Moscow, 1985, 269 p. (In Russian)

5. *Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushhennyh k ispol'zovaniju* [The State List of breeding achievements permitted for use]. V. 1. «Sorta rastenij». Moscow, «Rosinformagroteh», 2021, 719 p. (In Russian)
6. Ptashnik O.P. Rezul'taty introdukcii sortov i sortonomerov ljupina v uslovija stepnogo Kryma [Introduction results of lupin varieties and breeding lines under conditions of steppe Crimea] *Sb. materialov V Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Sovremennoe sostojanie, problemy i perspektivy razvitija agrarnoj nauki»* [Proc. of the V International Scientific Conference “The modern state, problems and perspectives of development of agricultural science”]. Simferopol'. IT «Arial», 2020, pp. 150-153. (In Russian)

Статья подготовлена в рамках выполнения Госзадания № 0597-2019-0025 Программы ФНИ ГАН.

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-125-131

УДК 631.559:633.15:631.8

РЕАКЦИЯ КУКУРУЗЫ НА УРОВЕНЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

О.М. ИВАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

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

E-mail: tniish@mail.ru

Кукуруза – одна из важнейших сельскохозяйственных культур мирового земледелия. Её уникальность состоит в высокой потенциальной продуктивности. Ведущая роль в повышении эффективности земледелия принадлежит созданию оптимального уровня минерального питания растений. Удобрения являются одним из быстродействующих средств формирования высоких урожаев всех полевых культур. В связи с этим, нами в 2014-2020 гг. в длительном стационарном полевом опыте отдела земледелия Тамбовского НИИСХ проведены исследования по совместному изучению применения жидких минеральных удобрений Мегамикс для некорневой подкормки кукурузы на зерно на фоне оптимизации минерального питания. Установлено, что все варианты с применением различных видов минеральных удобрений имели наиболее высокую урожайность зерна по сравнению с контролем (без удобрений).

Максимальная урожайность зерна кукурузы в среднем за годы проведения исследований была получена на вариантах с осенним внесением азофоски в дозе (NPK)60 в сочетании с внесением аммиачной селитры N60 (предпосевная культивация) и внесением либо N30 (фаза 2-3 лист), либо обработка Мегамикс (фаза 3-5 листа). Урожайность составила 11,42-11,33 т/га. Прибавка к контролю 161,1-159,8% соответственно по вариантам опыта. Проведенные исследования установили целесообразность применения микроудобрений Мегамикс при совместном применении с традиционными минеральными удобрениями по кукурузе на зерно на черноземе типичном в условиях 6-ти польного севооборота Тамбовской области.

Ключевые слова: кукуруза на зерно, урожайность, чернозем, удобрения, внекорневая подкормка.

REACTION OF CORN FOR GRAIN TO THE LEVEL OF MINERAL NUTRITION UNDER CENTRAL BLACK EARTH REGION CONDITIONS

O.M. Ivanova

TAMBOV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — BRANCH OF FSBSI

«I.V. MICHURIN FEDERAL SCIENTIFIC CENTER»

E-mail: tniish@mail.ru

Abstract: *Corn is one of the most important crops of world agriculture. Its uniqueness lies in high potential productivity. The leading role in improving the efficiency of agriculture belongs to the creation of an optimal level of peaceful plant nutrition. Fertilizers are one of the fast-acting means of forming high yields of all field crops. In this regard, in 2014-2020 in the long-term stationary field experience of the Department of Agriculture of the Tambov NIISKh studies were carried out on the joint study of the use of liquid mineral fertilizers Megamix for corn feed on grain against the background of optimization of mineral nutrition. It was established that all options using various types of mineral fertilizers had the highest grain yield compared to control (without fertilizers).*

The maximum yield of maize grain over the years of research was obtained on variants with the autumn introduction of azofosca at a dose (NPK) of 60 in combination with the introduction of

ammonium nitrate N60 (pre-cultivation) and the introduction of either N30 (phase 2-3 sheet) or Megamix treatment (phase 3-5 sheet). Yield is 11.42-11.33 t/ha. The increase to control 161.1-159.8% t/ha, respectively, according to the variant experience. The conducted researches established expediency of use of micro fertilizers Megamix at combined use with traditional mineral fertilizers on corn on grain on the chernozem typical in the conditions of 6 field crop rotations of the Tambov region.

Keywords: corn for grain, yield, chernozem, fertilizers, foliar feeding.

Введение

Решение вопросов по увеличению урожайности и улучшению качества полевых культур всегда были и будут на первом месте в сельскохозяйственной отрасли. Поэтому, вопросы повышения эффективности удобрений – одного из главных элементов системы земледелия в связи с повышением цен на них остаются весьма актуальными и требуют к себе особого внимания.

Важнейшим условием обеспечения продовольственной безопасности страны является устойчивое развитие отечественного земледелия, которое может быть достигнуто при условии сохранения почвенного плодородия и обоснованном восполнении выноса питательных веществ полевыми культурами путем применения удобрений [1].

Выращивание полевых культур предусматривает научно обоснованный подход к выбору системы удобрения, которая является одним из основополагающих факторов повышения урожайности [2].

Эффективным и доступным способом повышения урожайности кукурузы на зерно является регулирование минерального питания растений [3]. Но любая схема применения удобрений должна не только сохранять, но и повышать плодородие почвы. Оценить правильность систем удобрений можно только в условиях их применения в длительных стационарных полевых опытах в севообороте [4].

Кукуруза является сельскохозяйственной культурой, для выращивания которой необходима совокупность благоприятных условий. Она предъявляет повышенные требования к теплу, влаге, уровню минерального питания и другим факторам, следовательно, производство зерна кукурузы является рискованным [5].

Кукуруза - культура широкого применения. Её используют в пищевой промышленности, в качестве корма для животных и т.д. Большое сортовое разнообразие культуры позволяет выращивать её во многих регионах России [6].

В 1992 году в Российской Федерации площадь посева кукурузы составляла 0,81 млн. га, а в 2019 уже 2,59 млн.га. Урожайность культуры так же возросла за этот период с 2,9 до 5,7 т/га соответственно по годам [7].

Важным условием для повышения урожайности и качества полевых культур является оптимизация их минерального питания в течение всего периода роста и развития растений. Это возможно при обоснованном применении макро- и микроудобрений [8]. Одним из факторов, обуславливающих повышение эффективности основных макроудобрений, является применение высокоэффективных комплексных минеральных удобрений, в которых большинство микроэлементов находятся в хелатной форме, легко усваиваемой растениями.

Управление ростом и развитием растений с помощью микроудобрений имеет огромное значение. В современных технологиях растениеводства микроудобрения позволяют добиться снижения себестоимости урожая, повышение его качества без изменения существующей технологии.

В то же время, ряд исследователей отмечают положительное влияние дробного внесения азотных удобрений на урожайность кукурузы [9, 10, 11].

Цель исследований – определить влияние традиционных минеральных удобрений - азофоска, аммиачная селитра, мочевины и жидкого минерального удобрения Мегамикс на урожайность кукурузы на зерно в условиях Тамбовской области.

Материалы и методика исследований

В 2013 году в условиях Тамбовской области был заложен длительный стационарный полевой опыт с дифференцированным внесением азотных удобрений на фоне традиционного минерального питания и жидким минеральным удобрением Мегамикс. Опыт входит в Географическую сеть опытов с удобрениями.

В апреле 2018 года во ВНИИ агрохимии имени Прянишникова, являющегося координатором Географической сети опытов с удобрениями, прошло Всероссийское координационное совещание научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями, посвященное итогам выполнения Программы фундаментальных научных исследований Государственных академий на 2013-2020 гг. Географическая сеть опытов играет важнейшую роль в системе агрохимических исследований России, является уникальным экспериментальным полигоном по изучению воздействия агрохимических средств на плодородие почв, продуктивность растений и качество сельскохозяйственной продукции. На современном этапе стационарные опыты по изучению удобрений нацелены на обеспечение постоянного увеличения урожая всех культур севооборота при повышении почвенного плодородия.

В настоящее время в системе Геосети работают 65 научных учреждений, они проводят около 130 длительных полевых опытов с удобрениями. Более половины из них продолжаются свыше 35 лет, 15 – более 70 лет.

Нами исследования проводились в длительном стационарном полевом опыте в 2014-2020 гг. Посевная площадь делянки 207,2 м² (5,6 × 37,0), учетная – 140 м² (4,0 × 35,0). Повторность опыта трехкратная. Предшественник – озимая пшеница. Основная обработка почвы проводилась по следующей схеме: послеуборочное дискование почвы на 8-10 см + вспашка на глубину 25-27 см. Посев производили сеялкой СУПН - 8, норма высева 75 тыс. шт./га.

В опыте под кукурузу осенью вносили основное минеральное удобрение азофоску (марка N₁₆P₁₆K₁₆) в дозе N₆₀P₆₀K₆₀. Весной, под предпосевную культивацию вносили (N₃₄) в дозе N_{30—60} и, по фазам вегетации проводили некорневые подкормки мочевиной в дозе N₃₀ и жидким минеральным удобрением Мегамикс.

В удобрении Мегамикс для некорневой подкормки растений содержится (г/л): В - 1,7; Cu - 7,0; Zn - 14,0; Mn - 3,5; Fe - 3,0; Mo - 4,6; Co - 1,0; Cr - 0,3; Ni - 0,1; N - 6,0; S - 29,0; Mg - 15,0. Почвенный покров на опытном участке представлен типичным чернозёмом, с содержанием гумуса в пахотном слое 6,8-7,0%, подвижного фосфора 12,5 - 14,5 мг на 100г почвы, обменного калия 16,0-17,3 мг на 100г почвы (по Чирикову). Кислотность почвы составляет 5,5-5,8. Севооборот: чистый пар, пшеница озимая, кукуруза (на зерно), ячмень, подсолнечник, пшеница яровая. Учет урожая - сплошной поделочно-урожайный, приведенный к 100% чистоте и 14% влажности. Математическая обработка урожайных данных проводилась методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова [12] и с помощью программы «Statistica 6,0» (Дискриминантный анализ, 1997).

Схема опыта:

1. Без удобрений
2. N₆₀P₆₀ K₆₀ — фон
3. Фон + N₃₀ (предпосевная культивация)
4. Фон + N₆₀ (предпосевная культивация)
5. Фон + N₃₀ (предпосевная культивация) + N₃₀ (2—3 лист)
6. Фон + N₆₀ (предпосевная культивация) + N₃₀ (2—3 лист)
7. Фон + N₃₀ (предпосевная культивация) + N₃₀ (2—3 лист) + N₃₀ (5—7 лист)
8. Фон + N₆₀ (предпосевная культивация) + N₃₀ (2—3 лист) + N₃₀ (5—7 лист)
9. Фон + N₃₀ (предпосевная культивация) + Мегамикс (3—5 лист)
10. Фон + N₆₀ (предпосевная культивация) + Мегамикс (3-5 лист)
11. Фон + Мегамикс (3-5 лист)

В дальнейшей работе при обсуждении результатов исследований вместо полного названия вариантов опыта будут использованы их номера.

Результаты исследований

Погодные условия за годы проведения исследований были различными (табл. 1). В условиях Тамбовской области запас почвенной влаги часто выступает лимитирующим фактором продуктивности полевых культур, в том числе и кукурузы.

Таблица 1

Метеорологические условия за период проведения исследований 2014-2020 гг.

Год/месяц	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Количество осадков, мм						
2014*	57,8	35,6	65,4	2,9	53,3	20,3
2015*	89,7	57,5	180,1	57,9	11,8	4,2
2016*	114,0	160,1	73,5	93,8	79,9	53,5
2017*	56,0	80,1	151,4	137,3	55,2	38,3
2018*	81,7	36,1	7,3	29,2	0,4	72,0
2019*	8,5	4,9	0,0	70,3	38,5	16,0
2020*	61,4	26,0	13,8	3,3	5,7	9,4
Ср. многолетние**	29,8	39,7	55,5	63,6	47,2	48,3
Среднесуточная температура воздуха, °С						
2014*	7,5	17,9	17,3	21,4	22,3	14,1
2015*	6,7	14,8	19,9	19,6	18,5	17,2
2016*	9,3	14,3	18,1	21,2	22,2	11,8
2017*	6,4	11,7	14,8	19,1	19,9	13,6
2018*	7,4	17,0	18,4	21,6	20,9	15,1
2019*	7,9	19,5	19,1	18,4	17,5	13,2
2020*	5,6	13,8	21,9	22,8	19,0	15,5
Ср. многолетние**	6,1	14,2	18,2	20,1	18,5	12,5

Примечание: *- по данным Интернет-ресурса

** - по данным Чакинского метеопункта

За весь цикл исследований отмечаются особо жесткие климатические условия мая-июня периода 2019 года. ГТК составил 0,08-0,00, что соответствует 1 классу засухи по классификации Селянинова. Аналогичные погодные условия складывались в июле-августе 2020 года. ГТК составил 0,05-0,10. Отсутствие влаги в данный период отрицательно сказалось на урожайности культуры.

Повышенным количеством осадков характеризовались вегетационные периоды 2015-2017 года. В мае 2016 года выпало максимальное количество осадков – 160,1 мм, что составило 403,3% от среднемноголетней нормы. ГТК составил от 1,78 в 2015 году до 2,64 в 2017 году. Что является показателем отсутствия засухи.

За период проведенных исследований установлено, что внесение различных видов минеральных удобрений положительно повлияло на урожайность.

Самым низкоурожайным оказался 2016 год (табл. 2). Самое большое количество осадков за период проведения исследований выпало в 2016 году, и составило 574,8 мм (202,3%), при среднемноголетней норме 284,1 мм, что отрицательно сказалось на урожайности кукурузы. Урожайность на контроле составила всего 5,54 т/га. Максимальная прибавка урожайности относительно варианта без удобрений (контроль) была получена при внесении Фон + N₆₀ (предпосевная культивация) + Мегамикс (3-5 лист) и составила 2,56 т/га или 46,2%. По другим вариантам опыта прибавки были достоверными и составили 1,01-2,20 т/га

Таблица 2

Урожайность кукурузы (на зерно), т/га

Вариант опыта	Урожайность								Прибавка							
	Г о д															
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	среднее	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	среднее
1	5,71	9,52	5,54	4,34	9,47	8,27	6,79	7,09	-	-	-	-	-	-	-	-
2	7,02	14,09	6,72	4,94	10,48	8,81	8,33	8,63	1,31	4,57	1,18	0,60	1,01	0,54	1,54	1,54
3	7,14	13,25	7,02	7,62	11,61	9,05	11,07	9,54	1,43	3,73	1,48	3,28	2,14	0,78	4,28	2,45
4	7,86	14,05	7,26	10,95	13,57	9,88	9,05	10,37	2,15	4,33	1,72	6,61	4,10	1,61	2,26	3,28
5	8,69	13,73	7,32	6,55	14,64	10,30	10,42	10,24	2,98	4,21	1,78	2,21	5,17	2,03	3,63	3,15
6	8,93	15,48	7,74	11,25	14,46	12,32	9,76	11,42	3,22	5,96	2,20	6,91	4,99	4,05	2,97	4,33
7	7,62	12,98	7,68	10,53	15,36	11,61	8,87	10,66	1,91	3,46	2,14	6,19	5,89	3,34	2,08	3,57
8	7,74	16,76	7,38	9,58	15,83	12,44	9,29	11,29	2,03	7,24	1,84	5,24	6,36	4,17	2,50	4,20
9	7,26	12,30	7,68	7,80	12,14	10,24	8,75	9,45	1,55	2,78	2,14	3,46	2,67	1,97	1,96	2,36
10	7,38	20,34	8,10	8,57	11,25	13,87	9,82	11,33	1,67	10,82	2,56	4,23	1,78	5,60	3,03	4,24
11	7,14	15,21	6,55	7,44	10,06	10,36	10,00	9,54	1,43	5,69	1,01	3,10	0,59	2,09	3,21	2,45
НСР _{05, т/га}	0,45	0,48	0,76	0,70	0,73	0,74	0,49									

В 2015 году, несмотря на повышенное количество осадков и среднесуточную температуру воздуха в апреле-июне, урожайность была максимальной, и составила от 9,52 т/га на контроле (без удобрений), до 20,34 т/га на варианте Фон + N₆₀ (предпосевная культивация) + Мегамикс (3-5 лист).

В результате проведенных исследований были выявлены закономерности изменения урожайности кукурузы на зерно в условиях зернопаропропашного севооборота в зависимости от применяемых видов, доз и сроков внесения различных видов минеральных удобрений.

Рассмотрев продуктивность кукурузы на зерно, в среднем за 7 лет проведенных исследований, было установлено, что вариант контроль – без удобрений всегда по урожайности был ниже, чем с их применением. В среднем за годы исследований урожайность початков на контрольном варианте составила 7,09 т/га. Внесение азофоски (N₁₆P₁₆K₁₆) в дозе N₆₀P₆₀ K₆₀ способствовало увеличению урожайности на 1,54 т/га или на 21,7%. Внесение N₃₀ и N₆₀ в предпосевную культивацию по фону N₆₀P₆₀ K₆₀ приводило к увеличению урожайности на 2,45-3,28 т/га относительно контроля и на 0,91-1,74 т/га относительно варианта (2) – фон.

Вариант (8) с дополнительным внесением N₃₀ (5-7 лист) не показал прибавку урожая относительно варианта (6), и даже наоборот, незначительно снизил – на 0,13 т/га. Варианты (3) и (11) показали одинаковую прибавку относительно контроля – 2,45 т/га. Но, при подсчете экономической эффективности наиболее выгодным будет вариант 11 с применением жидких минеральных удобрений Мегамикс, при его стоимости около 500 рублей за 1 литр.

Максимальная урожайность зерна кукурузы была получена на (6), (8) и (10) вариантах: 11,42-11,29-11,33 т/га соответственно. Наибольшим уровень рентабельности был на варианте (10) с применением удобрения Мегамикс и был выше контроля (1) на 155,3%.

Заключение

Таким образом, за годы проведения исследований было установлено, что применение жидкого минерального удобрения Мегамикс совместно с традиционными минеральными удобрениями оказывает положительное влияние на урожайность кукурузы на зерно. Наряду с традиционными минеральными удобрениями, повышающими урожайность культуры, экономически выгодно применение жидких минеральных удобрений Мегамикс. Так, при внесении Мегамикс по фону N₆₀P₆₀K₆₀ прибавка составила 0,91 т/га, относительно варианта фон (2), а относительно контроля (1) 4,24 т/га.

Таким образом, при цене Мегамикс за 1 л около 500 руб., выгодно применять его по фону N₆₀P₆₀K₆₀, при стоимости азофоски 18500 рублей за 1 тонну. Прибавка от применения Мегамикс составит порядка 10 000 рублей с 1 га по ценам 2020 года. Мегамикс способствует увеличению урожайности кукурузы на зерно и повышает экономическую эффективность применения макроудобрений.

Литература

1. Мерзлая Г.Е., Понкратенкова И.В. Эффективность органоминеральных систем удобрения // Плодородие. – 2016. – № 2. – С. 25-27.
2. Ерёмин Д.И. Влияние длительного использования органоминеральной системы удобрения зернового севооборота на динамику подвижного калия чернозёма выщелоченного // Плодородие. – 2016. – № 2. – С. 28- 31.
3. Нестеров Д.Н., Нестерова Е.М., Громаков А.А., Турчин В.В. Действие регуляторов роста и минеральных удобрений на продуктивность кукурузы на черноземе Ростовской области // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 5. – С. 80-85. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-80-85
4. Лапа В.В., Ивахненко Н.Н. Продуктивность севооборотов, баланс элементов питания и изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений // Плодородие. – 2014. – № 5. – С. 5-8.
5. Кузнецова Н.В., Федосеева О.И., Щадилова Ю.Г. Страхование урожая и эффективность производства кукурузы на зерно // Международный журнал Естественно-гуманитарные исследования. – 2020. – № 28 (2). – С. 128-138. DOI: 10.24411/2309-4788-2020-10088
6. Мельник Т.В. Актуальные вопросы возделывания кукурузы на зерно при орошении // В сборнике: Теоретический и практический потенциал современной науки. Сборник научных статей. - М., 2019. — С.111-115.
7. Россия в цифрах. 2020: Крат. стат. сб./Росстат. – М., – 2020. – 550 с.

8. Булдыкова И.А. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении микроудобрений в условиях Краснодарского края // Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 110-летию Йогану Готтшальку Валериусу и 90-летию академика Ефимова Виктора Никифоровича. – 2019. – С.81-86.
9. Толорая Т.Р., Малаканова В.П., Подлесный А.И., Букреева Г.И. Влияние азотных подкормок на урожай зерна и выход кондиционной крупы у кремнистых гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. – 2011. – № 3. – С. 3-7.
10. Таран Д.А., Ласкин Р.В., Малаканова В.П., Ломовской Д.В., Толорая Т.Р. Аммиачная селитра и гумат калия в повышении продуктивности гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. – 2011. – № 2. – С. 3-8.
11. Терехова С.С., Кравченко Р.В., Кравцова Н.Н., Бардак Н.И. Продуктивность сахарной кукурузы в зависимости от азотных удобрений. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2020. - №160(06). - С. 174-178. DOI:10.21515/1990-4665-160-013
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.

References

1. Vile G.E., Merzlaya G.E., Ponkratenkova I.V. Efficiency of organomineral fertilizer systems. *Plodorodie -Fertility*, 2016, no.2, pp. 25-27. (In Russian)
2. Eremin D.I. Influence of long-term use of organomineral fertilizer system of grain crop rotation on dynamics of mobile potassium of leached chernozem. *Plodorodie - Fertility*, 2016, no.2, pp. 28-31. (In Russian)
3. Nesterov D.N., Nesterova E.M., Gromakov A.A., Turchin V.V. Operation of regulators of growth and mineral fertilizers on efficiency of corn on the chernozem of the Rostov region. *Vestnik KrasGAU*, 2020, no.5, pp. 80-85. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-80-85 (In Russian)
4. Lapa V.V., Ivakhnenko N.N. Productivity of crop rotation, balance of nutritional elements and change of fertility of sod-podzolic sandy soil with long-term use of fertilizers. *Plodorodie - Fertility*, 2014, no.5, pp. 5-8. (In Russian)
5. Kuznetsova N.V., Fedoseeva O.I., Shchadilova Yu.G. Crop Insurance and Efficiency of Corn Grain Production International Journal of Natural and Humanitarian Research, 2020, no.28(2), pp. 128-138. DOI: 10.24411/2309-4788-2020-10088 (In Russian)
6. Miller T.V. Topical issues of corn cultivation for grain during irrigation. In the collection: Theoretical and practical potential of modern science. Collection of scientific articles, Moscow, 2019, pp. 111-115. (In Russian)
7. Russia in figures. 2020: short statistical compilation. Rosstat, Moscow, 2020, 550 p. (In Russian)
8. Buldykova I.A. Productivity of crops in the use of micronutrients in the conditions of the Krasnodar Territory. In the collection: Enthusiasts of agrarian science. A collection of articles on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of Yogan Gottschalk Valerius and the 90th anniversary of akademik Efimov Viktor Nikiforovich, 2019, pp. 81-86. (In Russian)
9. Toloraya T.R., Malakanova V.P., Podlesny A.I., Bukreeva G.I. Effect of nitrogen feeding on grain harvest and yield of conditioned groats in siliceous hybrids of corn. *Kukuruza i sorgo - Corn and sorghum*, 2011, no.3, pp. 3-7. (In Russian)
10. Taran D.A., Laskin R.V., Malakanova V.P., Lomovskaya D.V., Toloraya T.R. Ammonium nitrate and potassium humate in increasing the productivity of maize hybrids. *Kukuruza i sorgo - Corn and sorghum*, 2011, no.2, pp. 3-8. (In Russian)
11. Terekhova S.S., Kravchenko R.V., Kravtsova N.N., Bardak N.I. Productivity of sugar corn depending on nitrogen fertilizers. *Polythematic electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 2020, no.160(06), pp. 174-178. DOI:10.21515/1990-4665-160-013 (In Russian)
12. Dospekhov B.A. Field experience methodology, the 5th ed., revised, Moscow, *Agropromizdat*, 1985, 351 p. (In Russian)

ПАМЯТИ ИРИНЫ ФРАНЦЕВНЫ ОРЛОВОЙ

**ИЛЬЯ ВИКТОРОВИЧ ОРЛОВ,
ОЛЬГА ВИКТОРОВНА (ОРЛОВА) СЕРГЕЕВА**

Орлова Ирина Францевна (в девичестве Любинская Ирэна-Тереза) родилась 10 мая 1933 года в Западной Белоруссии (деревня Старый Погост Браславского Повята Польши, позднее - Миорский район Витебской области).

Мать – Кузьмитович Бронислава Устиновна – из крестьянской семьи, с 6 лет оставшаяся сиротой и с 12-ти работавшая горничной у польских панов.

Отец – Любинский Франц Францевич, сын белорусского землевладельца и немецкой дворянки. На момент знакомства с бабушкой работал управляющим в том же поместье, где и бабушка.

Поскольку Западная Белоруссия была до 1939 года под Польшей, маму отдали в 6 лет в польскую школу. Обучение было на польском языке, благодаря чему она потом неплохо понимала по-польски и могла объясняться. Говорила, что тяжелее всего ей давалась математика, в 6 лет она её не понимала, хотя обучение математике в польских школах было гораздо проще, чем в русских. По остальным предметам училась хорошо.

У неё с детства была большая тяга к знаниям: любила читать всё, что удавалось достать, и очень хотела получить высшее образование. После прихода советской власти большой радостью для неё стали маленькие образовательные брошюры, которые специально привозили в деревни, то ли совсем бесплатно, то ли за сущие гроши (не помню). Литературу бесплатно можно было взять в библиотеке. Она их жадно читала, и благодаря этому получила первые основополагающие знания по разным предметам, в том числе по астрономии, и поняла, что мир устроен совсем не так, как рассказывали деревенским детям ксендзы.

С 1 по 4 класс училась в своей деревне Старый Погост. Обучение было на белорусском языке, там училось большинство детей из деревни. Но вот в пятый класс мама пошла единственная из всей деревни. Мама очень уговаривала родственницу Алину, пойти с ней в 5 класс, которая жила на соседнем хуторе. Бабушка Броня даже сшила той холщовую сумку, чтобы было с чем ходить. Но Алина так и не пошла в школу.

Весь 5 класс мама училась в Новом Погосте за 8 км от села. Обучение было на белорусском языке. Жила там на квартире. Выходным было только воскресенье. Ходила домой пешком туда и обратно. А зимой поздно светало и рано темнело, а идти далеко. Однажды встретила в лесу стаю волков. Было уже темно, увидела огоньки и думала, что мужики идут и курят. Не испугалась. А потом был прогалок в лесу, и она увидала, что это волки один за другим бегут, и глаза у них горят. Но не напали. Это было в районе ж/д. полустанка Купчалово.

После войны было много волков, они часто нападали на людей и скот.

В 6 и 7 класс мама каждый день ходила по миистому болоту в деревню Ковшелево за 4 км. Туда же ходил ещё Олег Титович, только двое из деревни, там была семилетка. Титович жил на отшибе, далеко, его родители были зажиточные, но он делал большой крюк и всё время заходил за мамой. Обучение было на белорусском языке.

В 8 класс она поехала учиться в Миоры, за 18 км от деревни. В Шарковщине, поближе, было две школы, там жили знакомые, было, у кого остановиться, но обучение было на белорусском языке. Она хотела учиться на русском языке, поэтому выбрала Миоры. Жила там в общежитии.

Учиться в 9 и 10 классе её отправили в Вильнюс (1948-1951 года). Там жила тётка. Брату Збышеку, чтобы учиться, тоже надо было нанимать квартиру, бабушке Броне было двоих не потянуть, поэтому маму и отправили в Вильнюс к тёте Стефе (Стефании). Тогда в городе было всего две русские школы на окраине. Ей нужно было идти от Зверинца до конца города. Выходила за 1,5 часа и быстро шла пешком, мимо разрушенных зданий, до ж/д моста и дальше за железную дорогу. Рядом со школами были уже поля фильтрации, их видно было из окон школы. Там и были обе русские школы, а польская и литовская гимназии были в самом центре у площади Черняховского.

По выходным, а частенько и в будни, до школы помогала тётке мести улицы, иногда сторожила по ночам одна склады, когда тётка не могла. А был тогда послевоенный бандитизм. Но она об этом не думала и почти не боялась.

Обстановка в Вильнюсе была плохая. До войны он принадлежал Белоруссии, и вокруг в деревнях жили белорусы. После войны, когда город сделали столицей Литвы (раньше был Каунас), туда приехали литовцы и частично русские, но русских было немного. А там и так жили белорусы, евреи, поляки плюс литовцы и русские.

Тётя хотела, чтобы мама осталась в Вильнюсе и выучилась на врача, но маму тянуло в Москву. Она мечтала учиться там. Тогда тётка дала ей маленький фанерный чемоданчик, кусочек жёлтого сала и деньги в один конёк. Так мама поехала поступать в Тимирязевскую Академию в Москве (Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева).

Поступала на плодфак (плодово-ягодный). Получила одну четвёрку по сочинению на русском языке. Не прошла. Её взяли на агрономический. Декан плодфака Резниченко пошёл к декану агрономического факультета Майсурьяну, отнёс мамины документы и попросил её принять. После 1 семестра Резниченко звал маму на плодфак, но она уже не пошла: во-первых, была немного обижена, т. к. узнала, что там взяли пару человек по блату, которые сдали хуже её, во-вторых, уже привыкла на агрономическом.

Поступила она в 1951 году, а закончила – в 1956 году с отличием и получила квалификацию учёного агронома. Всё это время училась только на отлично, чтобы была повышенная стипендия, т. к. помогать ей было некому. У бабушки было ещё трое сыновей, а денег не было совсем, т. к. она работала в колхозе, а колхозникам платили очень мало.

Говорила, что к последнему курсу очень устала так напряжённо учиться.

Т. к. мама училась хорошо, она получила хорошее направление под Минск в Белоруссию, то ли на плодоовощную станцию, то ли в какой-то с. х. институт. Уже не помню, а когда спрашивала её в последний раз, она тоже уже не помнила.

Но перед тем как туда поехать, она приехала в родную деревню, где работала в колхозе её мать, наша бабушка Броня. И председатель уговорил её остаться работать там. В профессиональном плане это было для мамы хуже, но ей хотелось помочь матери, поэтому она осталась. Председатель даже платил неустойку той организации, куда была направлена мама.

Таким образом, она осталась работать агрономом райсельхоза имени И.В. Сталина у себя на родине (1956-1958 гг.). В 1957 году была делегатом от Белорусской ССР на Всемирном фестивале молодёжи и студентов в Москве.

7 января 1958 года отдел ЗАГСа города Тимирязева зарегистрировал её брак с Орловым Виктором Павловичем, нашим отцом.

В апреле 1958 года мама вместе с отцом поступила работать на Шатиловскую сельскохозяйственную опытную станцию, где проработала до 1974 года.

Это место работы было выбрано отцом не слишком удачно, как показала дальнейшая жизнь, но его уговорил поехать туда знакомый Григорьев, который сам позднее переехал в Подмоскowie.

Мама работала сначала техником, потом старшим лаборантом лаборатории агрохимии, в апреле 1960 года была назначена старшим научным сотрудником лаборатории агрохимии.

В 1966 году поступила в аспирантуру ВИУА без отрыва от производства. В 1972 году защитила кандидатскую диссертацию по теме «Действие молибдена на урожай и качество гороха на выщелоченных чернозёмах Орловской области».

В период работы на станции она изучала в полевых и лабораторных опытах действие микроэлементов (бора, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, цинка) на урожайность различных возделываемых культур (горох, вика, сахарная свёкла, клевер). Установила положительное влияние на урожайность возделываемых с. х. культур в зоне деятельности опытной станции микроэлемента молибдена, а также кобальта, марганца, цинка.

Участвовала в разработке рекомендаций для ведения сельского хозяйства по вопросам применения микроэлементов. Результаты научных исследований на станции опубликованы в 30 печатных работах.

«Пользовалась уважением в коллективе за добросовестное, высококвалифицированное проведение аналитических работ. На общественных началах вела большую работу по озеленению и благоустройству территории станции».

В 1974 году была избрана по конкурсу младшим научным сотрудником лаборатории микробиологии ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. С 1980 года до выхода на пенсию являлась старшим научным сотрудником этой лаборатории.

Награждена двумя медалями ВДНХ. Имеет более 60 печатных работ.

Решением Совета народных депутатов от 26 февраля 1985 года ей присуждено звание Ветеран труда 20 марта 1985 года.

ПАМЯТЬ О ИРИНЕ ФРАНЦЕВНЕ БУДЕТ ЖИТЬ В НАШИХ СЕРДЦАХ.