

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 4 (48), 2023 г.

Журнал СМИ основан в 2012 году.

Периодичность издания – 4 номера в год.

ISBN 9 785905 402036

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

Главный редактор

Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН

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

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

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

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук

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

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

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

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

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

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

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

Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН

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

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

Ушачев Иван Григорьевич, академик РАН

Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай

Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук

Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН

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

Научный редактор, корректор

Грядунова Н.В.

Технический редактор

Хмызова Н.Г.

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

Фотоматериал **Черненький В.А.**

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

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

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

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

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

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

Дата выхода в свет: 21.12.2023 г.
Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.
Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»
Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 4 (48), 2023

Scientific journal founded in 2012 year.

Frequency of publication 4 issues per year.

ISBN 9 785905 402036

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

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

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

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

EDITORIAL TEAM

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Polukhin, Andrei A. – *FSBSI FSC LGC, Director, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Russian Academy of Sciences*

Privalov, Fedor I. – *Dr. Sci. (Agric.), Corresponding Member, National Academy of Sciences of Belarus, Professor*

Pryanishnikov, Alexander I. – *JSC «Schelkovo-Agrochem», Head of the Department of Selection and Seed Production of Agricultural Crops, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*

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

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

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

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

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

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

Yagovenko, German L. – *All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Dr. Sci. (Agric.)*

Scientific editor: **Gryadunova, Nadezhda V.**

Layout, design: **Khmyzova, Natal'ya G.**

English translation: **Stefanina, Svetlana A.**

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

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

Media registry record

ПН №ФЦ77-77939

dated 19.02 2020

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

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

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

<http://eLIBRARY.RU>

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

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

Date of publication: 21.12.2023

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Полухин А.А., Грядунова Н.В. Информационная деятельность Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур в 2023 году	5
Зотиков В.И., Зубарева К. Ю., Хрыкина Т.А., Михалева Е.С. Эффективность применения органического удобрения Биоклад при выращивании сои в условиях ЦФО	11
Васин В.Г., Васина Н.В., Шишина А.С., Васин А.В., Кулясов С.Н. Влияние агротехнологических элементов возделывания на фотосинтетический аппарат и продуктивность сои в условиях Самарской области	20
Головина Е.В., Леухина О.В. Динамика относительного содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений новых сортов сои при возделывании в ЦЧР РФ	27
Гончаров С.В., Кипшакбаева Г.А. Перспективы развития сортимента сои в республике Казахстан	34
Парамонов А.В., Козлов А.А., Романов Б.В., Гуленок Р.А. Влияние метеорологических показателей на структуру и биологическую урожайность сои	42
Мазалов В.И., Небытов В.Г., Мерцалов Е.Н. Адаптивность сортов сои северного экотипа в условиях юго-востока Орловской области	50
Мартынов М.А., Вилюнов С.Д., Захарова Н.И., Кирюхин С.В., Гуринович С.О., Мешков А.В. Выявление корреляционных закономерностей по данным структурного анализа и в динамике индексов отражения на сое	57
Бударина Г.А., Мирошникова М.П. Защита фасоли от семенной и почвенной инфекции в условиях севера ЦЧО	65
Донская М.В., Донской М.М., Якубовская А.И., Пташник О.П., Каменева И.А. Сравнительная продуктивность нута и чины при применении микробиологических препаратов в условиях Орловской области и республики Крым	71
Горбунова Ю.В., Власова Е.В., Александрова Т.Г. Оценка адаптивного потенциала кормовой продуктивности образцов вики мохнатой озимой (<i>Vicia villosa Roth</i>) из коллекции ВИР в контрастных погодных условиях Московской области	80
Фесенко Н.Н. Генетико-физиологические особенности сверхкрупнозерности гречихи	90
Сурков А.Ю., Суркова И.В. Пораженность проса некротическим меланозом в зависимости от морфологических и биологических особенностей	95
Гончаренко А.А., Макаров А.В., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Клочко Н.А., Гончаренко М.С., Цыганкова Н.В., Плотников П.А. Наследование признака масса 1000 зерен у межлинейных гибридов озимой ржи	102
Хмелева Е.В., Кандроков Р.Х., Березина Н.А., Королев Д.Н., Сидоренко В.С. Технологический потенциал новых сортов пшеницы орловской селекции	110
Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С., Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В., Дюрбин Д.С. Элементы структуры урожая и продуктивность зерна сортов ярового ячменя ..	123
Зарьянова З.А. Продуктивность нектара и его доступность для медоносных пчёл у новых гибридов клевера лугового	131
Вилюнов С.Д., Чернышов М.М., Потаракин С.В., Мартынов М.А., Глазкова Л.И., Митюхина Е.В. Проверка алгоритма дистанционной идентификации сельскохозяйственных культур по спутниковым цифровым данным вегетационного индекса NDVI	140
Селекционные достижения	
Вороничев Б.А., Толкачева М.А. Морфобиологические особенности сорта бобов кормовых Универсал	151
Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н., Абросимова Т.Н., Кириллова Е.С., Сайфутдинова Д.Д. Новый сорт гороха Нарат с ценными свойствами по качеству белка	156
Филатова И.А., Нужная Н.А. Перспективный сорт гороха посевного Докучаевский	162

CONTENTS

Polukhin A.A., Gryadunova N.V. Information activities of federal scientific center of legumes and groat crops in 2023	5
Zotikov V.I., Zubareva K.Yu., Khrykina T.A., Mikhaleva E.S. The effectiveness of using organic fertilizer Bioklad when growing soybeans in the Central Federal District	11
Vasin V.G., Vasina N.V., Shishina A.S., Vasin A.V., Kulyasov S.N. Influence of agrotechnological elements of cultivation on photosynthetic apparatus and productivity of soybean under conditions of Samara region	20
Golovina E.V., Leukhina O.V. Dynamics of relative content of photosynthetic pigments in leaves of plants of new soybean varieties under cultivation in the Central Black Earth Region of the Russian Federation	27
Goncharov S.V., Kipshakbayeva G.A. Development of the soybean assortment in the republic of Kazakhstan	34
Paramonov A.V., Kozlov A.A., Romanov B.V., Gulenok R.A. The influence of meteorological indicators on the structure and biological productivity of soybeans	42
Mazalov V.I., Nebytov V.G., Mertsalov E.N. Adaptability of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the southeast of the Orel region	50
Martynov M.A., Vilyunov S.D., Zakharova N.I., Kiryukhin S.V., Gurinovich S.O., Meshkov A.V. Identification of correlation patterns in structural analysis data and in the dynamics of soybean reflection indices	57
Budarina G.A., Miroshnikova M.P. Protection of beans from seed and soil infections in the north of the Central Chernozem Region	65
Donskaya M.V., Donskoi M.M., Yakubovskaya A.I., Ptashnik O.P., Kameneva I.A. Of chickpea and grass pea comparative productivity when application of microbiological preparations in the Orel region and the republic of Crimea conditions	71
Gorbunova Yu.V., Vlasova E.V., Aleksandrova T.G. Evaluation of the adaptive potential of the feed productivity of the hairy vetch (<i>Vicia villosa Roth</i>) accessions from the VIR collection in contrast weather conditions in the Moscow province	80
Fesenko N.N. Genetic and physiological characteristics of extra-large grain in buckwheat	90
Surkov A.Ju., Surkova I.V. The lesion of millet with necrotic melanosis, depending on morphological and biological features	95
Goncharenko A.A., Makarov A.V., Semenova T.V., Tochilin V.N., Klochko N.A., Goncharenko M.S., Tsygankova N.V., Plotnikov P.A. Inheritance of the trait weight of 1000 grains in interlinear hybrids of winter rye	102
Khmeleva E.V., Kandrov R.Kh., Berezina N.A., Korolev D.N., Sidorenko V.S. Technological potential of new wheat varieties of Orel breeding	110
Blokhin V.I., Nikiforova I.Yu., Ganieva I.S., Lanochkina M.A., Malafeeva Yu.V., Durbin D.S. Elements of yield structure and grain productivity of spring barley varieties	123
Zaryanova Z.A. Nectar productivity and its availability to honey bees in new hybrids of red clover	131
Vilyunov S.D., Chernyshov M.M., Potarakin S.V., Martynov M.A., Glazkova L.I., Mityukhina E.V. Validation of the algorithm for remote crop identification using satellite digital data of vegetation index NDVI	140
Breeding achievements	
Voronichev B.A., Tolkacheva M.A. Morphobiological features of the variety of fodder beans Universal	151
Shurkhaeva K.D., Fadeeva A.N., Abrosimova T.N., Kirillova E.S., Sayfutdinova D.D. A new variety of grain peas Narat with valuable properties in terms of protein quality	156
Filatova I.A., Nuzhnaya N.A. Promising variety of common peas Dokuchaevsky	162

ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР В 2023 ГОДУ

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

Н.В. ГРЯДУНОВА, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

В статье отражены итоги информационной деятельности ФНЦ зернобобовых и крупяных культур за 2023 год по новым селекционным достижениям, печатной продукции, проведённым научным мероприятиям, участию учёных и специалистов Центра в международных, всероссийских, региональных мероприятиях, круглых столах, выставках.

Ключевые слова: сорта, научные публикации, мероприятия, экспозиции, доклады, выступления.

Для цитирования: Полухин А.А., Грядунова Н.В. Информационная деятельность Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур в 2023 году. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):5-10. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-5-10

INFORMATION ACTIVITIES OF FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS IN 2023

A.A. Polukhin, N.V. Gryadunova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, OREL

The article reflects the results of the information activities of the FSC of Legumes and Groat Crops for 2023 on new breeding achievements, printed products, scientific events held, participation of scientists and specialists of the Center in international, all-Russian, regional events, round tables, exhibitions.

Keywords: varieties, scientific publications, events, expositions, reports, speeches.

Одной из важнейших задач Центра является пропаганда завершённых научных достижений через организацию и проведение совещаний, конференций, семинаров, выставок, экскурсий специалистов на опытные поля и его филиалов, публикацию статей в журналах и сборниках, рекомендаций и книг, участие сотрудников Центра в международных, республиканских и региональных научных и практических мероприятиях с выступлениями, докладами, сообщениями.

В 2023 году завершены научные исследования по созданию новых сортов зерновых, зернобобовых и крупяных культур. **На государственное сортоиспытание переданы 11 сортов:** горох посевной **Изумрудный**, чечевица **Жемчужная**, 4 сорта сои – **Слава**, **Оникс 57**, **Яровит** и сорт **Локомотив** совместной селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур и ООО **АгроСтройТехнологии** (г. Курск), 2 сорта пшеницы мягкой озимой: **Акварин**, **Памяти Каткова**, созданный в творческом сотрудничестве с ООО СП **АгроСемПоставка** (г. Москва), гречиха **Миг** и **Дезирэ**, бобы овощные **Огонёк**.

По результатам государственного сортоиспытания с 2023 года впервые внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию 5 новых сортов: пшеница мягкая озимая **Скипетр 2** по Центральному, Волго-Вятскому и Средневолжскому регионам; пшеница мягкая яровая **Памяти Коновалова** по Центральному

региону; пшеница твёрдая яровая **Фея** по Центрально-Чернозёмному региону; просо посевное **Атлет** по Центрально-Чернозёмному, Северо-Кавказскому, Средневожскому, Западно-Сибирскому регионам; фасоль **Купава** по Центрально-Чернозёмному региону. **Получено 7 патентов и 33 авторских свидетельства на сорта зерновых, зернобобовых и крупяных культур.**

Научными сотрудниками Центра опубликованы: рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Орловской области в 2023 году, 75 научных статей в рецензируемых журналах, в том числе: 27 – в научно-производственном журнале «Зернобобовые и крупяные культуры», 4 – в изданиях SCOPUS, подготовлены и изданы 4 номера Всероссийского научно-производственного журнала «Зернобобовые и крупяные культуры», в которых опубликованы 73 статьи из научных и учебных учреждений России, Беларуси, Казахстана. Журнал входит в перечень рецензируемых журналов ВАК.

В 2023 учёные Центра принимали участие с научными докладами, сообщениями, выступлениями, экспозицией новых селекционных достижений в различных мероприятиях международного, всероссийского и регионального уровней. Так, в рамках празднования Дня науки на базе Молодежного центра Орловского ГАУ им. Н.В. Парахина была представлена экспозиция новых сортов селекции ФНЦ ЗБК, которые вошли в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2023 году.

17 марта в областной администрации состоялось совещание по вопросу готовности региона к проведению комплекса весенне-полевых работ и о мерах господдержки АПК в 2023 году, в котором приняли участие сотрудники с выставкой и директор Центра доктор экономических наук, профессор РАН А.А. Полухин.

5 мая в ФНЦ ЗБК по инициативе Совета молодых ученых был проведён региональный «круглый стол» «Повышение результативности НИР молодых ученых». Совместный диалог и обсуждение практических результатов по научной работе – эта форма взаимодействия при выполнении совместных исследований Центра, повышения творческой активности в научно-исследовательской деятельности, содействия профессиональному росту начинающих исследователей.

С 21 по 26 мая делегация Центра в составе директора, д.э.н., профессора РАН Полухина А.А. и заместителя директора по научной работе, к. с.-х.н. Панариной В.И. приняли участие в Первом Китайско – Белорусском Сельскохозяйственном Форуме по Науке и Инновационным Технологиям, проводимым Северо-Западным университетом сельского и лесного хозяйства (Китай). С докладом «Текущая ситуация с соей и гречихой на российском рынке» выступил А.А. Полухин В ходе официального визита между ФНЦ ЗБК и Северо-Западным университетом сельского и лесного хозяйства было подписано соглашение о сотрудничестве. В ходе мероприятия ученые ФНЦ ЗБК посетили Янглинский демонстрационный парк Умное сельское хозяйство, Яньваньский Сельскохозяйственный колледж, Юйлинский университет.

По инициативе Совета молодых ученых был проведён региональный «круглый стол» «Повышение результативности НИР молодых ученых». В целях популяризации науки среди молодежи и вовлечения в научную деятельность обучающихся детей школьного возраста, в рамках Десятилетия науки и технологий в России, а также в рамках акции «Наука рядом» на базе ФНЦ ЗБК 02.06.2023 г. состоялась региональная научно-практическая экскурсия посвященная 180-летию К.А. Тимирязева, организованная советом молодых ученых и специалистов Центра и сотрудниками БУ ОО ДО «Дворец пионеров и школьников им. Ю. А. Гагарина» детский технопарк «Кванториум», направление – Биоквантум.

Первым этапом экскурсионной программы стало знакомство с научной полевой работой сотрудников Центра. Открыла мероприятие заведующая лабораторией семеноведения и первичного семеноводства кандидат сельскохозяйственных наук З.Р. Цуканова. Были продемонстрированы научные делянки, познакомили с научными методами отбора и подсчета семенного материала, технологиями возделывания зерновых, зернобобовых культур. Старший научный сотрудник лаборатории семеноведения и

первичного семеноводства А.Н. Гусева показала мастер-класс по определению полевой всхожести, где гости экскурсии активно принимали участие и попробовали себя в качестве настоящих агрономов.

Второй частью программы стало путешествие в мир науки уже в лаборатории научного Центра. Здесь заведующий лабораторией физиологии и биохимии растений кандидат сельскохозяйственных наук С.В. Бобков провел научный экскурс о жизни и вкладе Климента Аркадьевича Тимирязева – русского естествоиспытателя, специалиста по физиологии растений в развитие мировой науки о фотосинтезе, а сотрудники лаборатории управления вегетацией и продукционным процессом сельскохозяйственных культур – заведующая лабораторией кандидат биологических наук К.Ю. Зубарева и научный сотрудник А.В. Белозерова. провели мастер-класс по определению фотосинтетических пигментов в листьях растений, чтобы юные гости экскурсии смогли сами попробовать определить качественные и количественные показатели хлорофилла в растениях.

06 июня в ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» состоялся «круглый стол» «Научные разработки и инновации в решении приоритетных задач аграрной науки». Организаторы: Департамент сельского хозяйства Орловской области, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН. Значимые точки мероприятия: обсуждение решения проблем повышения качества и безопасности продукции сельскохозяйственной и перерабатывающей отраслей. С докладом на тему «Продукционный процесс новых сортов сои и механизмы его экзогенной регуляции» выступили сотрудники селекционно-семеноводческого центра сои доктор сельскохозяйственных наук Е.В. Головина и научный сотрудник, аспирант О.В. Леухина.

21-24 июня в Нижнем Новгороде состоялся XI Всероссийский съезд советов молодых ученых и студенческих научных обществ. Организатором мероприятия выступил Координационный совет по делам молодежи в научной и образовательной сферах Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию при поддержке Министерства образования и науки РФ и Правительства Нижегородской области. Цель мероприятия – вовлечение сообществ молодых ученых в решение важнейших задач развития общества и страны, в том числе в реализацию инициатив Десятилетия науки и технологии. Участники мероприятия – представители Советов молодых ученых, Студенческих научных обществ, члены Координационного совета по делам молодёжи в научной и образовательной сферах Совета при Президенте РФ по науке и образованию, члены Товарищества лауреатов премии Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых, сообщество победителей конкурса «Лидеры России» (трек «Наука»), молодые ученые – получатели мер государственной поддержки, волонтеры науки. Приглашение для участия в съезде получили и представители Совета молодых ученых и специалистов Центра – председатель СМУиС М.А. Кательникова, заместитель председателя Совета А.В. Белозерова, секретарь – А.Н. Гусева.

С 29 июня по 02 июля 2023 г. в Орловской области стартовал представительный форум «Аграрная неделя – 2023», который проходил на базе ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, включал проведение ряда мероприятий.

Организаторы форума: Минобрнауки РФ, МСХ РФ, РАН, Правительство Орловской области, ФНЦ ЗБК. Участники форума – представители власти, эксперты аграрного рынка, специалисты сельхозпредприятий России и стран ближнего зарубежья, заслуженные учёные.

В мероприятии приняли участие: губернатор А.Е. Клычков, заместитель губернатора в Правительстве области по развитию агропромышленного комплекса С.П. Борзёнков, лидер КПРФ Г.А. Зюганов и его заместитель академик РАН В.И. Кашин; представители МСХ РФ: зам министра А.В. Разин, руководители Департаментов Р.В. Некрасов и Д.В. Бутусов; директор Департамента Министерства науки и высшего образования РФ член-корреспондент РАН В.А. Багиров, представители РАН. Они посетили многочисленные экспериментальные площадки, в том числе, ознакомились с научными демонстрационными посевами сельскохозяйственных культур, комментариями учёных Центра.

Форум – это уникальная агропромышленная площадка, призванная демонстрировать главные достижения и передовые технологии российской науки, сельскохозяйственного производства, способствовать обмену опытом между участниками рынка, выработать решения по актуальным проблемам отрасли и определять пути её дальнейшего развития.

В рамках форума прошли многочисленные мероприятия: конференции, научно-методический семинар День поля на Шатиловской СХОС, День русского поля и другие, в которых приняли участие свыше 25000 человек.

29 июня в Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур состоялась Международная научно-практическая конференция «Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства». В мероприятии приняли участие более 50 представителей из различных научных учреждений и организаций: ФИЦ «Немчиновка», Верхневолжский ФАНЦ РАН, Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева, Курский ФАНЦ, ФНАЦ ВИМ, Поволжский НИИСС имени П.Н.Константинова, Ульяновский НИИСХ, Липецкий НИИ рапса, Белгородский ГАУ, Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, Орловский ГУ имени И.С. Тургенева, ВНИИ селекции плодовых культур (г. Орёл), Витебский и Гродненский зональные институты растениеводства НАН Беларуси и других учреждений.

Работа конференции проходила по двум секциям: «Развитие селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур в условиях импортозамещения» и «Цифровизация научного и производственного процесса как способ обеспечения технологического прорыва в АПК. Организационно-экономические механизмы технологической модернизации АПК». Участники конференции обсудили современные достижения в селекции и семеноводстве, инновационные технологии для повышения производительности и качества сельскохозяйственной продукции. Одним из направлений стало использование ИТ для решения задач селекции сельскохозяйственных растений и повышения эффективности сельского хозяйства в условиях активного импортозамещения и цифровой экономики АПК. Оживленная дискуссия продолжилась при посещении научных опытных посевов ФНЦ ЗБК. О перспективах и достижениях научных работ выступили заведующие лабораториями – В.С. Сидоренко, А.М. Задорин, В.И. Панарина, К.Ю. Зубарева, С.В. Бобков, Г.Н. Суворова, З.Р. Цуканова, Г.А. Бударина, А.Н.Фесенко.

30 июня Шатиловская СХОС – филиал ФНЦ ЗБК традиционно встречала участников и гостей двадцать шестого научно-методического семинара «День поля, ярмарка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур». Авторы сортов в комментариях подчёркивали наиболее ценные признаки и биологические особенности перспективных селекционных достижений по яровой пшенице, ячменю, овсу, гороху, сое, гречихе, люпину и другим культурам. В комментариях приняли активное участие: В.И. Мазалов, В.А. Давыдова, Л.М. Ярошенко, А.Д. Кабашов, И.М. Шукин, А.М. Задорин, В.И. Панарина, Л.А. Ершова, Т.Г. Голова, Т.И. Зеленская, В.Г. Захаров и многие другие. Участники семинара посетили Музей, ознакомились с многочисленными экспонатами по истории Шатиловской опытной станции, демонстрационными посевами и экологическим испытанием сельскохозяйственных культур, обновлённым машинно-тракторным парком.

В рамках аграрного форума 1 июля на базе ФНЦ зернобобовых и крупяных культур прошёл «День русского поля», который стал по-настоящему народным фестивалем для жителей и гостей региона, а для представителей власти, науки и бизнеса – площадкой для содержательного, продуктивного диалога о перспективах развития сельскохозяйственной отрасли.

С 10 по 15 июля 2023 г. в Казане на базе Федерального исследовательского Центра «Казанский научный центр Российской академии наук» прошла VII Международная научная конференция «Генетика, Геномика, Биоинформатика и Биотехнология растений». Научная программа конференции включала пленарные и секционные сообщения, а также постерную сессию. Г.Н. Суворова представила стендовый доклад «Interspecific hybridization

in lentil breeding» (Межвидовая гибридизация в селекции чечевицы), С.В. Бобков и Т.Н. Селихова приняли участие в он-лайн формате с докладом «Selection of pea interspecific hybrids with introgressive alleles of convicilin» (Отбор межвидовых гибридов гороха с интрогрессивными аллелями конвицилина). Совместные исследования И.Н. Фесенко и А.Н. Фесенко с учеными Сколковского института науки и технологий по гречихе были представлены в постерной сессии.

Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций провозгласила 2023 год Международным годом проса. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) была ведущим учреждением, курирующим проведение этого года в сотрудничестве с другими заинтересованными сторонами.

Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур ведет активную работу по селекции просовидных культур. **В связи с этим 3 августа состоялась Международная научно-практическая конференция «Просо – как ресурс в решении проблем продовольственной безопасности России».**

Соорганизаторами конференции были РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси», РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси», Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства (Китай, Отделение ФАО для связи с Российской Федерацией. Участники конференции рассказали не только о современных направлениях в селекции проса, но и технологиях его возделывания в различных регионах.

10 августа сотрудники селекционно-семеноводческого центра сои кандидаты сельскохозяйственных наук В.И. Панарина, С.В. Кирюхин и П.В. Ятчук посетили Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина где их познакомили с основными направлениями селекции сои, а также с научно-технической базой. В ходе визита были определены направления совместной работы.

3 сентября состоялась встреча Координационного Совета с Советами молодых ученых и Студенческими научными обществами Орловской области. От Координационного Совета по делам молодежи в научной и образовательной сферах при Президенте Российской Федерации по науке и образованию в мероприятии в качестве спикеров приняли участие: – Марченков Никита Владимирович, Председатель Координационного совета, руководитель Курчатовского комплекса синхротронно-нейтронных исследований НИЦ «Курчатовский институт»; – Воронин Андрей Игоревич, заместитель председателя Координационного совета, директор Центра стратегических инициатив Университета науки и технологий МИСИС; – Сулейманова Алина Ильдаровна, ответственный секретарь Координационного совета, преподаватель факультета глобальных процессов Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; – Павлова Алина Витальевна, Член Координационного совета, ответственная за координацию сообществ молодых ученых ЦФО, руководитель испытательного центра ООО «Эксперт Центр». В мероприятии приняли участие молодые ученые Центра во главе с председателем СМУиС М.А. Катальниковой.

В рамках встречи обсудили актуальные для Орловской области темы, участники получили возможность задать интересующие вопросы в части поддержки молодых ученых, мер жилищной поддержки, организации работы СМУ и СНО и взаимодействие с КорСоветом, реализации инициатив «Десятилетия науки и технологий» и дальнейших перспектив развития.

13-15 сентября 2023 г. в г. Санкт-Петербург, на базе ФГБНУ «Агрофизического научно-исследовательского института» состоялась Международная научная конференция «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». Участие в конференции приняли ученые из России, Белоруссии, Казахстана, Таджикистана, Венгрии, Словакии и других стран. Сотрудники лаборатории селекции зерновых крупяных культур ФНЦ ЗБК приняли очное участие в работе конференции в секции «Управление продукционным процессом растений: физиология,

генетика, биофизика, селекция и защита растений». Старший научный сотрудник Степанова Н.А. представила доклад на тему: «Определение продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных и вегетационных индексов», а научный сотрудник Тугарева Ф.В. представила аудитории исследования по тематике экспериментальной проверки кластерного анализа для выявления ценных селекционных образцов яровой пшеницы.

С 4 по 7 октября в Москве прошло ключевое событие в отечественном АПК – 25-я Российская агропромышленная выставка «Золотая осень – 2023», приуроченная к празднованию Дня работника сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. Коллектив ФНЦ ЗБК **награждён** золотой медалью за организацию и проведение Международной научно-практической конференции «Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства», которая прошла в рамках Аграрной недели Орловской области 2023, и двумя серебряными медалями – за выпуск информационно-аналитического издания «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (в лицах и публикациях)» и за информационно-консультационное обеспечение селекции и семеноводства зернобобовых и крупяных культур (с 2012 года Центр выпускает Всероссийский научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры», входящий в перечень ВАК РФ и являющийся рецензируемым научным изданием).

23-24 октября 2023 года на базе экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, в рамках XXVIII Никоновских чтений состоялась Международная научно-практическая конференция «Обеспечение научно-технологического суверенитета АПК: роль государства, науки и бизнеса». Организаторами конференции выступили: кафедра агроэкономики экономического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Всероссийский институт аграрных проблем и информатики имени А.А. Никонова и Вольное экономическое общество России. Намеченная проблематика конференции обсуждалась на пленарном заседании, трех секциях и заключительном заседании. Директор Центра доктор экономических наук, профессор РАН А.А. Полухин выступил с докладом «Векторы развития селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур, как ключевого элемента научно-технического суверенитета АПК».

В рамках сотрудничества, с целью трудоустройства и привлечения молодых специалистов к работе в науке ведущие ученые Центра провели ряд ознакомительных экскурсий для выпускников Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева. Так, кандидат сельскохозяйственных наук А.М. Задорин рассказал об истории научного Центра, его структурных подразделениях, продемонстрировал выдающиеся сорта зернобобовых и крупяных культур, выведенных в учреждении и рассказал об их генетических особенностях, кандидат сельскохозяйственных наук С.В. Бобков познакомил с работой лаборатории физиологии и биохимии растений.

24 ноября 2023 г. делегация ФНЦ ЗБК в составе директора, д.э.н., профессора РАН Полухина А.А., и сотрудников лаборатории «Управление вегетацией и продукционным процессом с/х культур» и лаборатории «Селекция зерновых крупяных культур»: в.н.с. Сычевой И.И., с.н.с. Хрыкиной Т.А., н.с. Белозеровой А.В., с.н.с. Степановой Н.С. посетила Международную выставку – форум «РОССИЯ», которая проходит на ВДНХ в г. Москва. На экспозиции Орловской области были продемонстрированы ключевые достижения АПК региона, в т.ч. ФГБНУ ФНЦ ЗБК, проводились интерактивные агро-мастер-классы: моделирование сельскохозяйственной техники, агро-тьюнинг, агрохимическое лото, квест-игра «Увлекательное путешествие по сельхозстанциям», познавательная площадка «Юный фермер», агро-квест «Вырасти свой хлеб». Векторы, заданные в рамках агро-недели на Международной выставке-форуме «Россия», дадут старт к дальнейшему развитию сельского хозяйства Орловской области.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ БИОКЛАД ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ В УСЛОВИЯХ ЦФО

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

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

Т.А. ХРЫКИНА, старший научный сотрудник, ORCID ID:0000-0003-2037-6059

Е.С. МИХАЛЕВА, научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

E-mail: office@vniizbk.ru

В статье изложены результаты исследований 2022-2023 гг. по изучению влияния применения удобрения органического происхождения Биоклад в предпосевной обработке семян и фолиарных (листовых) подкормках в фазы 1-3-х тройчатых листьев и бутонизации на продуктивность растений и качество зерна сои районированных сортов, различающихся по архитектонике.

Установлено, что применение данного удобрения обеспечивает наибольшую прибавку урожая зерна на 0,45 т/га, или на 19,4% у детерминантного сорта Лидер 1, а также сбор белка до 1188,3 кг/га в дозе внесения 2,0 л/т(га).

У индетерминантного сорта Мезенка максимальный дополнительный сбор зерна составил 0,27 т/га (9,7%) в дозе внесения 1,0 л/т(га), сбор белка – до 1068,5 кг/га.

Ключевые слова: соя, органическое удобрение, предпосевная обработка, фолиарные подкормки, качество, урожай.

Для цитирования: Зотиков В.И., Зубарева К. Ю., Хрыкина Т.А., Михалева Е.С. Эффективность применения органического удобрения Биоклад при выращивании сои в условиях ЦФО. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):11-19. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-11-19

THE EFFECTIVENESS OF USING ORGANIC FERTILIZER BIOKLAD WHEN GROWING SOYBEANS IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT

V.I. Zotikov, K. Yu. Zubareva, T.A. Khrykina, E.S. Mikhaleva

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: *The article presents the results of research 2022-2023 on studying the effect of application of organic fertilizer Bioclad in pre-sowing seed treatment and foliar (leaf) fertilization in the phases of 1-3 triple leaves and budding on plant productivity and grain quality of soybean of released varieties differing in architectonics.*

It was found that the use of this fertilizer provides the greatest increase in grain yield by 0.45 t/ha, or 19.4% in the determinant variety Leader 1, as well as protein yield up to 1188.3 kg/ha at a dose of 2.0 l/t (ha).

The indeterminate variety Mezenka had a maximum additional grain yield of 0.27 t/ha (9.7%) at the application dose 1/t (ha), protein yield was up to 1068.5 kg/ha.

Keywords: soybean, organic fertilizer, pre-sowing treatment, foliar feeding, quality, yield

Соя – уникальная белково-масличная культура, имеющая в составе зерна от 30% и более биологически полноценного по аминокислотному составу белка, способного заменить

собой аналогичный продукт животного происхождения, и 20-26% высококачественного по жирно-кислотному комплексу растительного масла [1, 2].

Ввод новых мощностей в России по переработке сои привели к увеличению спроса на такое сырье, повысили привлекательность данной культуры для аграриев [3]. По данным ФАО ООН Россия по объемам производства соевых бобов в мире занимает восьмое место [4]. Темпы увеличения производства соевых бобов фиксируются растущими показателями валового сбора зерна сои: в 2023 г. на уровне 6003,11 тысяч тонн, что выше 2022 г. на 26,1% (или на 12432 тыс ц) в целом в хозяйствах всех категорий в РФ. По сравнению с 2011 годом производство сои в стране выросло в 6,2 раза, а с 2021 годом – в 1,25. Урожайность культуры также имеет тенденцию к росту: 2020-2021 гг – 1,59 т/га, 2022 год – 1,79 т/га.

В настоящее время производством сои в нашей стране занимаются хозяйства 46 субъектов РФ. Одним из основных соевых кластеров является в том числе и Центральный Федеральный Округ, тогда как до недавнего времени производством сои длительное время занимались лишь дальневосточные регионы.

Объемы производства сои в ЦФО в 2022 году составили 2586,42 тысяч тонн (на 21,5 и 18,9% больше, чем в 2020 и 2021 году), на долю которых приходится около 43,1% общероссийского производства. Значительные успехи при возделывании сои состояли в том числе и в постоянном повышении ее урожайности. Средняя урожайность в 2022 году была выше на 0,16 т/га, чем в 2020-2021 гг, или почти на 8% и составила 1,93 т/га.

Орловская область занимает шестое место по валовому сбору соевых бобов по ЦФО, на долю которой приходится около 4,1% производства по стране и 9,5% – по ЦФО: в 2022 году – 244,85 тысяч тонн, что на 22,9 и 12,7% больше, чем в 2020 и 2021 году соответственно [5]. По предварительным данным (на 17.10.2023 г.) в 2023 году в Орловской области собрали около 302 тысяч тонн на фоне максимально засеянной посевной площади под соей в 134 тыс. га, которая по сравнению с 2020 и 2021 гг больше в среднем на 4 и 10 тыс. га соответственно. Средняя урожайность составила 2,25 т/га, максимальная фиксируется в Малоархангельском районе на уровне 2,5 т/га, минимальная – в Урицком районе – 1,5 т/га.

В дальнейшем прогнозируется увеличение сборов сои за счет роста посевных площадей и урожайности, последняя, благодаря высокой конкурентноспособности отечественных коммерческих производителей систем питания сельскохозяйственных культур в сложившихся современных условиях импортозамещения в совокупности с активными инновационными и прогрессивными научно-техническими разработками в данной отрасли, в последние годы неукоснительно растет [6], что подтверждается вышеприведенными данными.

Необходимо отметить, что на фоне роста отечественного производства потребность в импортной продукции снижается. В прошлом году импорт соевых бобов упал на 16% в годовом выражении – до 1,7 млн тонн (<https://pres.ru/analytics-article/gynok-soi/>).

Несомненно, одним из наиболее эффективных способов получения стабильных урожаев хорошего потребительского качества является создание оптимальных условий питания растений посредством применения предпосевной обработки семян и фолиарных (листовых) подкормок по вегетации растений в разные фазы роста и развития удобрительными комплексами с учетом, в том числе, и проблемы антропогенного загрязнения окружающей среды [7].

Цель исследований – изучить влияние органического удобрения Биоклад при применении в предпосевной обработке семян и фолиарных (листовых) подкормках вегетирующих растений на урожайность сои.

Материал и методы исследования

Влияние способов внесения различных доз удобрения органического происхождения изучали в полевых опытах на серой лесной среднесуглинистой средне окультуренной почве. Учётная площадь делянки 10,0 м², повторность – четырёхкратная, размещение систематизированное. Способ посева – широкорядный (0,45 м) селекционной сеялкой СКС-6-10, норма высева для сои – 600 тысяч всхожих семян на 1 га. Исследования проведены на

разных сортах сои, различающихся по морфотипу: ранний с тенденцией к среднераннему сорт Лидер 1 детерминантного типа роста и развития селекции ООО «АСТ» (в Госреестре РФ с 2019 г.) и ранний сорт Мезенка индетерминантного типа роста и развития селекции ФНЦ ЗБК (в Госреестре РФ с 2016 г.) [8] (рис. 1), оба сорта включены в реестр по Центрально-Черноземному (5) региону. У детерминантного сорта Лидер 1 количество узлов главного стебля предопределяется уже в начале цветения. Фаза цветения поздняя, протекающая в более сжатые сроки, что обусловлено соответствующими генами, а именно парой аллелей *Dt1/dt1* [9]. С началом цветения рост растения не детерминируется, удлинение стебля происходит за счет интеркалярного роста. По завершении роста верхушечная кисть хорошо выражена. У индетерминантного сорта Мезенка формирование генеративных узлов происходит в течении всего периода роста, цветение достаточно продолжительное, верхушечная кисть не образуется.



Рис. 1. Посевы сои в 2023 году на опытном поле ФНЦ ЗБК

Посев осуществлялся 24 мая в 2022 году, 13 мая в 2023 году. Предпосевная обработка семян проводилась за день до посева. Фолиарные (листовые) подкормки – в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации. Способ уборки – прямое комбайнирование поделяночно: 08.10.22 г. селекционным комбайном САМПО-130, 22.09.2023 г. – Zürn 150 (рис. 2) в макрофазу развития – отмирание (код ВВСН 909). Учёт урожая поделяночный. Биохимическая оценка качества зерна сои проводилась в лаборатории физиологии и биохимии. В образцах определялось содержание белка и жира с использованием Infratec 1241 (программа SO 090711). Результаты учёта урожая обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).



Рис. 2. Механизированная уборка сои прямым комбайнированием поделяночно (22.09.23 г., Zürn 150)

Схема опыта:

1. Контроль (без обработок семян и вегетирующих растений);
2. Предпосевная обработка семян Биоклад, 1,0 л/т + 2 фолиарные подкормки, Биоклад, 1,0 л/га;
3. Предпосевная обработка семян, Биоклад, 1,0 л/т + 2 фолиарные подкормки, Биоклад, 2,0 л/га.

Применяемое в обработках семян и вегетирующих растений органическое удобрение Биоклад содержит до 70% исключительно природное сырье (торф, сапропель, леонардит, птичий и зоопометы) с использованием инновационных биотехнологий и «ноу-хау», разработанное в Пущинском Федеральном исследовательском биотехнологическом центре Российской академии наук. Основой является матрица из нанодисперсных частиц солей гуминовых кислот (<https://bioklad.info>).

Погодные условия вегетационных периодов 2022-2023 годов характеризовались контрастностью метеопказателей по фенологическим фазам роста и развития растений сои (табл. 1).

Таблица 1

**Гидротермические условия вегетационного периода сои в 2022-2023 гг.
(данные метеостанции ФГБНУ ФНЦ ЗБК, г. Орел)**

Показатели/ Месяцы, декады		Средняя температура воздуха, °С (± к средненогол. норме)		Сумма выпавших осадков, мм (% к средненогол. норме)		ГТК* 2022/2023 (многол)
		2022 год	2023 год	2022 год	2023 год	
Май	1	10,2(+2,0)	8,1(-4,5)	3,9(24,4)	8,2(54,7)	1,52/0,29 (1,34)
	2	12,0(-2,0)	15,1(0,8)	21,9(156,4)	0(0)	
	3	12,2(-2,9)	15,3(-0,5)	25,3(120,5)	8,6(50,6)	
Июнь	1	18,0(+1,9)	15,6(-1,4)	2,4(12,0)	1,7(11,3)	0,92/1,1 (1,18)
	2	18,6(+1,8)	18,3(+0,4)	18,6(66,4)	9,6(41,7)	
	3	20,5(+3,1)	17,4(-1,4)	31,5(126,0)	44,6(165,2)	
Июль	1	21,3(+3,5)	20,7(+1,2)	6,6(19,4)	13,5(50,0)	1,07/1,3 (1,42)
	2	16,5(-1,6)	17,8(-2,2)	46,0(170,4)	6,8(21,3)	
	3	19,5(-1,4)	19,2(-0,9)	10,9(545,0)	57,0(203,6)	
Август	1	21,1(-3,2)	22,2(+2,5)	13,3(66,5)	14,6(97,3)	0,48/0,7 (1,26)
	2	21,9(-4,6)	21,0(+2,4)	6,1(29,0)	14,8(82,2)	
	3	22,2(+6,3)	18,0(+0,9)	12,8(58,2)	14,5(84,8)	
Сентябрь	1	9,1(-4,5)	15,7(+0,6)	2,3(12,8)	0	1,67/0 (1,50)
	2	11,0(-0,6)	14,5(+1,5)	55,0(323,6)	0	
	3	9,7(+0,2)	15,8(+5,0)	53,7(315,9)	0	

* – по Г.Т. Селянинову

В 2022 году май характеризовался холодным с обильными осадками: средняя температура (11,5°С) была на 0,9°С ниже средненоголетней, осадков выпало во второй и третьей декадах 138,5% больше средненоголетней нормы. Этот факт значительно повлиял на срок посева культуры, который оказался достаточно поздним. Однако последующий благоприятный температурный режим способствовал получению дружных всходов сои. В целом гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации растений сои в 2022 году составил 0,86. Высокая температура (+ 3,5°С к средненоголетней норме) в совокупности с практически отсутствием осадков (19,4% к средненоголетней норме) в первой декаде июля спровоцировало кратковременную засуху, что привело к изменению (сокращению) межфазных периодов роста и развития растений сои в данное время. Сильная засушливость

августа месяца (ГТК=0,48) спровоцировала абортированность генеративных органов (цветков и молодых бобов), что существенно повлияло в дальнейшем на урожайность. В то же время сентябрь 2022 г. в Орловском районе Орловской области оказался неблагоприятным для уборочной страды отрасли растениеводства: среднесуточная температура воздуха была ниже среднегодовой нормы в среднем на 1,7°C, осадков выпало 213,5% к среднегодовой норме. Данная тенденция сохранялась на протяжении всего месяца сентябрь. С 11 сентября осадки выпадали практически каждый день, а с 14 по 30 сентября отмечалось опасное агрометеорологическое явление – переувлажнение почвы, что отодвинуло сроки уборки на октябрь, так как погодные условия были плохими для проведения механизированных сельскохозяйственных работ.

2023 год в общей сложности более засушливый, чем предыдущий. Во второй половине мая наблюдается недостаточное и слабое увлажнение в верхнем слое почвы, в том числе и из-за отсутствия осадков во второй декаде и выпавших 50,6% от среднегодовой нормы в период с 21 по 31 мая. Погодные условия первых двух декад июня по количеству выпавших осадков сложились так, что растения испытывают сильное недостаточное увлажнение в верхних слоях почвы. В период цветения-формирования семян температура воздуха фиксировалась оптимальная в пределах 19,2-22,2°C, что способствовало нормальному протеканию процессов образования генеративных органов. Август характеризовался повышенными температурами для нашей области (в среднем 20,3°C или +1°C к среднегодовой норме) и значением ГТК=0,7 (сильная засушливость). В данный критический период по водопотреблению в период формирования бобов-созревание семян наблюдалось сбрасывание листьев нижнего яруса и усиленное опущение листьев и др., что можно охарактеризовать как комплекс приспособлений для преодоления дефицита влаги. Регуляции растениями числа генеративных органов (абортивность) не наблюдалось.

Результаты исследований и их обсуждение

Известно, что формирование хозяйственно ценных признаков у растений сои находится в зависимости не только от биологических особенностей сорта, но и от погодных условий в критические фазы роста и развития культуры [10, 11].

По фазам роста и развития растений сои фенологические наблюдения показали, что фолиарная подкормка в фазу 1-3 тройчатых листьев в совокупности с заблаговременной предпосевной обработкой семян способствует наступлению фаз бутонизации и цветения раньше на опытных вариантах, вне зависимости от дозы внесения, по сравнению с контрольным вариантом.

Анализ биометрических показателей растений сои свидетельствует о том, что уровень урожайности и эффективность действия изучаемого удобрения в разных дозах внесения определяются степенью озерненности бобов и крупностью зерна (табл. 2). Необходимо отметить, что у сорта Лидер 1 на контрольном варианте наблюдалось много щуплых невыполненных бобов. В опытных вариантах растения характеризовались наличием более многоцветковой верхушечной кисти, а также концентрацией бобов в средней и верхней частях куста, за счет чего и был обеспечен резерв продуктивности. В данном случае наибольшую продуктивность сформировали образцы с меньшим числом бобов на растении и максимальной массой 1000 семян. Установленный факт, что с увеличением крупности семян число бобов на одном растении уменьшается, подтверждается и другими исследователями [12].

Наши наблюдения также зафиксировали, что наступление фазы цветения на контрольном варианте позже по сравнению с опытными вариантами спровоцировало сокращение периода налива семян, что в свою очередь, привело к меньшим размерам семени.

Фолиарные подкормки в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации в дозе 2,0 л/га у индетерминантного сорта Мезенка стимулировали формирование генеративных элементов, в том числе увеличилось количество зерен в 1 бобе (на 0,36 шт), однако число бобов в узле снизилось (на 0,42 шт) и уменьшилась масса 1000 семян (на 2,9 г) (табл. 2). То есть более

высокие дозы удобрения обеспечили большее число узлов с меньшим количеством бобов в нем и более продолжительное цветение растений на данном варианте, что повлияло на крупность зерна в сторону уменьшения. Однако, все ростовые процессы на всех вариантах у сорта Мезенка были финализированы одновременно, созревание фиксировалось вполне дружное.

В целом, зерно сорта Мезенка характеризуется меньшими размерами по сравнению с сортом Лидер 1. Здесь проявляется особенность детерминантного сорта Лидер 1, у которого более высокие темпы прохождения фаз во второй половине вегетации, процесс реутилизации (оттока) пластических веществ из вегетативных органов выше, раньше начинается апоптоз.

Таблица 2

Структура урожайности сои в зависимости от доз внесения органического удобрения, 2023 год

Показатели/Варианты	Высота растений, см	Количество бобов в 1 узле, шт	Количество зерен в 1 бобе, шт	Масса 1000 семян, гр
Лидер 1				
Не обработанные семена и растения (контроль)	71,4	2,30	1,64	157,3
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 1,0 л/т и 1,0 л/га	68,3	2,44	2,24	165,0
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 2,0 л/т и 2,0 л/га	72,1	2,25	2,65	168,0
Мезенка				
Не обработанные семена и растения (контроль)	84,0	1,88	2,29	136,9
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 1,0 л/т и 1,0 л/га	66,1	1,95	2,28	145,6
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 2,0 л/т и 2,0 л/га	81,2	1,53	2,64	142,7

Следует отметить, что эффективность изучаемого удобрения выше на детерминантном сорте Лидер 1 в среднем на 7,9%, чем на индетерминантном сорте Мезенка, т.е. прибавка урожая зерна составила от 0,29 до 0,45 т/га. В среднем за 2 года исследований максимальная урожайность (2,77 т/га) получена на сорте Лидер 1 при применении органического удобрения в предпосевной обработке семян (2,0 л/т) и фолиарных подкормок (2,0 л/га): в фазу 1-3 тройчатых листьев и в фазу бутонизации (табл. 3).

У сорта Мезенка применение изучаемого удобрения в дозе 2,0 литров было менее эффективным: урожай зерна составил 2,37-2,45 т/га, что в среднем за 2022-2023 гг на 4,0% ниже, по сравнению с вариантом применения Биоклада в дозе 1,0 литра при значениях урожая зерна 2,42-2,67 т/га. В 2022 году применение удобрения Биоклад не оказало существенного влияния на урожайность в сравнении контролем, однако была отмечена положительная тенденция, которая сильнее проявилась в 2023 году: прибавка на варианте с предпосевной обработкой семян (2,0 л/т) и фолиарными подкормками (2,0 л/га)

статистически достоверна. У сорта Мезенка на опытных вариантах урожайность находится в тесной зависимости от показателя массы 1000 семян ($r=0,98$).

Таблица 3

Влияние Биоклад на урожайность зерна сои

Варианты опыта	Урожайность, т/га				
	2022 г.	2023 г.	Среднее	Прибавка урожая зерна	
				т/га	%
Лидер 1					
Не обработанные семена и растения (контроль)	2,11	2,52	2,32	-	-
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 1,0 л/т и 1,0 л/га	2,61	2,67	2,60	0,29	12,1
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 2,0 л/т и 2,0 л/га	2,93	2,60	2,77	0,45	19,4
НСР ₀₅	0,24	0,16			
Мезенка					
Не обработанные семена и растения (контроль)	2,27	2,29	2,28	-	-
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 1,0 л/т и 1,0 л/га	2,42	2,67	2,55	0,27	9,7
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 2,0 л/т и 2,0 л/га	2,37	2,45	2,41	0,13	5,7
НСР ₀₅	0,18	0,21			

В целом по реакции на различную влагообеспеченность в генеративный период сорта Лидер 1 и Мезенка обладают устойчивостью к меняющимся погодным условиям и достаточно стабильны по продуктивности.

Сравнительный анализ качества изучаемых образцов позволил выделить лучшие варианты. Содержание белка в зерне у сорта Лидер 1 на обоих опытных вариантах в среднем за 2 года исследований составило 42,9%, что на 0,3% больше контроля. У сорта Мезенка на варианте с дозой внесения 2,0 л/т(га) – 41,1%. Данный образец превышал показатели среднего значения контроля и варианта с дозой внесения 1,0 л/т(га) на 0,2 и 0,1% соответственно (табл. 4). При совокупности высоких значений у показателей «урожайность» и «количество белка в зерне», когда наблюдается высокая степень положительного влияния между ними ($r=0,81$ и $0,93$), максимальный сбор белка был у сорта Лидер 1 при применении органического удобрения Биоклад в дозе 2,0 литров – 1188,3 кг/га, а у сорта Мезенка в дозе 1,0 литра – 1045,5 кг/га.

Содержание жира в зерне сои варьировало в пределах у сорта Лидер 1 – 20,1-20,2%, у сорта Мезенка – 21,4-21,6% по вариантам в среднем по годам исследований без существенных различий.

Таблица 4

Влияние удобрения Биоклад на качественные показатели зерна сои разных сортов (2022-2023 гг.)

Показатели/Варианты	Содержание в зерне, %		Сбор белка, кг/га	Содержание в зерне, %	
	белок	± к контролю		жир	± к контролю
Лидер 1					
Не обработанные семена и растения (контроль)	42,6	-	988,32	20,4	-
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 1,0 л/т и 1,0 л/га	42,9	0,3	1115,4	20,1	-0,3
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 2,0 л/т и 2,0 л/га	42,9	0,3	1188,3	20,2	-0,2
Мезенка					
Не обработанные семена и растения (контроль)	40,9	-	932,52	21,2	-
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 1,0 л/т и 1,0 л/га	41,0	0,1	1045,5	21,6	0,4
Предпосевная обработка семян + 2 фолиарные подкормки, 2,0 л/т и 2,0 л/га	41,1	0,2	990,51	21,4	0,2

Заключение

Получены экспериментальные данные (2022-2023 гг) о применении в предпосевной обработке и фолиарных (листовых) подкормках в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации органического удобрения Биоклад при выращивании сортов сои, различающихся по архитектонике.

Установлено, что даже при разных погодных условиях вегетационных периодов в годы исследований, применение Биоклада обеспечивает увеличение урожайности зерна у детерминантного сорта Лидер 1 в среднем на 12,1-19,4%, у индетерминантного сорта Мезенка – на 5,7-9,7%.

Определено, что применение Биоклада в предпосевной обработке семян (2,0 л/т) и в фолиарных подкормках (2,0 л/га) в технологии возделывания сои способствует получению наибольшей прибавки урожая зерна у сорта Лидер 1 (0,45 т/га), в дозе применения 1,0 литра – у сорта Мезенка (0,27 т/га).

Оценка качественных характеристик зерна показала, что использование органического удобрения Биоклад для улучшения питания растений сои сортов Лидер 1 и Мезенка в предпосевной обработке семян и в период вегетации целесообразно, так как обеспечивает сбор белка с 1 га на уровне 1115,4-1188,3 и 932,52-1045,5 кг соответственно.

Введение инноваций в элементы технологии возделывания сои должны определяться, прежде всего, ее сортом. Необходимо учитывать, что у индетерминантных сортов при повышенных дозах дополнительного питания, возможно, иницируется вегетативный рост с одновременным снижением конкуренции со стороны формирования генеративных органов, например, уменьшается размер семени, количество бобов в узле, образуется больше невыполненных бобов и т.п.

Литература

1. Федотов В.А., Гончаров С.В., Столяров О.В и др. Соя в России: (монография) /. – М.: Агролига России, – 2013. – 432 с.
2. 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.
3. Полухин А.А., Зотиков В.И., Зеленев А.А., Панарина В.И., Хмызова Н.Г. Роль ФГБНУ ФНЦ ЗБК в формировании ключевых точек роста производства зернобобовых культур в регионе // Вестник аграрной науки. – 2021. – 3(90). – С. 68-76. DOI: 10/17238/issn2587-666X.2021.3.68.
4. Source FAO. <https://nationmaster.com/mnx/timeseries> (дата обращения: 01.09.2023 г.).
5. Федеральная служба государственной статистики. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации. Росстат. <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 11.10.2023 г.).
6. Зайцев Н.И., Бочкарёв Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения // Масличные культуры. – 2016. – № 2 (166). – С. 3-11.
7. Полухин А.А., Зубарева К.Ю. Развитие органического земледелия в Российской Федерации и рентабельность производства органической сои // Достижения науки и техники. – 2023. – Т. 37. – № 6. – С. 44-49. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-6-44.
8. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2021. – 719 с.
9. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 2. Частная генетика растений / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. - Минск: Беларус. Навука, – 2010. – 579 с.
10. Головина О.В., Леухина Т.В., Леухина О.В. Влияние погодных условий на формирование хозяйственно ценных признаков у сортов сои различной селекции // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 2 (42). – С. 24-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32.
11. Зеленцов С.В., Паспеков Д.И., Тевченков А.И., Мошненко Е.В. Эколого-географическая оценка селекционных линий сои краснодарской селекции в условиях Липецкой области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 3 (47). – С. 34-41. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-34-41.
12. Ващенко Т.Г., Павлюк Н.Т., Курьянов А.И. Корреляция признаков у сои в условиях лесостепи ЦЧР // Селекция и семеноводство. – 2005. – № 3. – С. 13-15.

References

1. Soybean in Russia: (monograph)/ V.A. Fedotov, S.V. Goncharov, O.V. Stolyarov et al. - Moscow, Agroliga Rossii, 2013. - 432 p.
2. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Modern breeding of grain legumes and groat crops in Russia // *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*. - 2021. - V.25. - № 4. - Pp. 381-387. DOI: 10.18699/VJ21.041.
3. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Zelenov A.A. et al. Rol' FGBNU FNTs ZBK v formirovanii klyuchevykh tochek rosta proizvodstva zernobobovykh kul'tur v regione // *Vestnik agrarnoi nauki*. - 2021. - 3(90). - Pp. 68-76. DOI: 10/17238/issn2587-666X.2021.3.68.
4. Source FAO. <https://nationmaster.com/mnx/timeseries> (accessed: 01.09.2023).
5. Federal State Statistics Service. Gross collections and yields of agricultural crops in the Russian Federation. Rosstat. <https://rosstat.gov.ru/> (accessed: 11.10.2023).
6. Zaitsev N.I., Bochkarev N.I., Zelentsov S.V. Prospects and directions of soybean breeding in Russia under the conditions of implementation of the national strategy of import substitution // *Maslichnye kul'tury*. 2016. №2 (166). Pp. 3-11.
7. Polukhin A.A., Zubareva K.Yu. Development of organic farming in the Russian Federation and profitability of organic soybean production // *Dostizheniya nauki i tekhniki*. - 2023. - E. 37. - № 6. -Pp. 44-49. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-6-44.
8. The State Register of Breeding Achievements Approved for Use. T. 1. "Plant Varieties" (official edition).- Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», - 2021. - 719 p.
9. Genetic bases of plant breeding. In 4 volumes. V. 2. Particular plant genetics / sci. ed. A.V. Kil'chevskii, L. V. Khotyleva. - Minsk: Belarus. Navuka, 2010. - 579 p.
10. Golovina O.V., Leukhina T.V., Leukhina O.V. Influence of weather conditions on the formation of economically valuable traits in soybean varieties of different breedings // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2022. - № 2 (42). - Pp. 24-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32.
11. Zelentsov S.V, Paspekov D.I., Tevchenkov A.I., Moshnenko E.V. Ecological and geographical evaluation of soybean breeding lines of Krasnodar breeding under conditions of Lipetsk region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2023. - № 3 (47). - Pp. 34-41. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-34-41.
12. Vashchenko T.G., Pavlyuk N.T., Kur'yanov A.I. Correlation of traits in soybean under Central Chernozem Region forest-steppe conditions // *Seleksiya i semenovodstvo*. - 2005. - № 3. - Pp. 13-15.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Г. ВАСИН, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-7880-9008,
E-mail: vasin_vg@ssaa.ru

Н.В. ВАСИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-0485-3281
А.С. ШИШИНА, аспирант, ORCID ID: 0000-0001-7504-6597

А.В. ВАСИН, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-8647-0884
С.Н. КУЛЯСОВ, ORCID ID: 0009-0008-2870-8533, E-mail: kulsn77@mail.ru

ФГБОУ ВО САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
г. КИНЕЛЬ

Цель исследования – дать оценку влияния агротехнологических элементов возделывания (применение удобрений и биопрепаратов) на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивность сои в условиях Самарской области. Объектом исследований являлись сорта сои Самер 1, Самер 2, Самер 4. Схема внесения удобрений совместно с посевом: 1 фон – Контроль; 2 фон – $N_5 P_{13} K_{13}$; 3 фон – $N_{10} P_{26} K_{26}$.

Обработки посевов проводились системой Мегамикс и системой Витанол в фазу ветвления, бутонизации и образование бобов. Проведенная сравнительная оценка применения минеральных удобрений и систем биопрепаратов на посевах сои показала, что изучаемые сорта Самер 1, Самер 2, Самер 4 на данных фонах и обработках дают положительные результаты. Все показатели по данным исследования дали наибольший результат на фоне с внесением удобрений $N_{10} P_{26} K_{26}$ на обработке системой Мегамикс и сорте Самер 4, обеспечивая максимальный показатель фотосинтетического потенциала и как следствие – урожайность.

Ключевые слова: соя, препараты Мегамикс, Витанол, фотосинтетическая деятельность.

Для цитирования: Васин В.Г., Васина Н.В., Шишина А.С., Васин А.В., Кулясов С.Н. Влияние агротехнологических элементов возделывания на фотосинтетический аппарат и продуктивность сои в условиях Самарской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):20-26. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-20-26

INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGICAL ELEMENTS OF CULTIVATION ON PHOTOSYNTHETIC APPARATUS AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN UNDER CONDITIONS OF SAMARA REGION

V.G. Vasin, N.V. Vasina, A.S. Shishina, A.V. Vasin, S.N. Kulyasov

SAMARA STATE AGRARIAN UNIVERSITY, Kinel

Abstract: *The aim of the study was to evaluate the influence of agrotechnological elements of cultivation (application of fertilizers and biopreparations) on the formation of photosynthetic apparatus and productivity of soybean in the conditions of the Samara region. The object of research were soybean varieties Samer 1, Samer 2, Samer 4. Scheme of fertilizer application together with sowing: 1 background - Control; 2 background - $N_5 P_{13} K_{13}$; 3 background - $N_{10} P_{26} K_{26}$.*

Crops were treated with Megamix and Vitanol at the phase of branching, budding and bean formation. The comparative evaluation of mineral fertilizers and biopreparation systems application on soybean crops showed that the studied varieties Samer 1, Samer 2, Samer 4 on these backgrounds and treatments give positive results. All indicators according to this study gave the

greatest result on the background with fertilizer application N₁₀ P₂₆ K₂₆ on treatment with Megamix system and variety Samer 4, providing the maximum index of photosynthetic potential and as a consequence - yield.

Keywords: Soybean, preparations Megamix, Vitanol, photosynthetic activity.

Введение

Соя – является ценной пищевой, кормовой и технической культурой, достоинства которой всем общеизвестны. Она занимает значимое место в растениеводстве, так как высокорентабельна и перспективна с точки зрения ряда ценных хозяйственных признаков. Важным показателем данной сельскохозяйственной культуры является содержание соевого белка, который в свою очередь по биологической ценности стоит на первом месте среди белков других важнейших сельскохозяйственных культур и по качественным показателям принят за стандарт на растительные белки. Содержание белка в семенах составляет от 37 до 42%, масла 19-22%, углеводов до – 30% [2, 4].

В последнее время все большую актуальность в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и сои, приобретает применение удобрений и биопрепаратов, которые оказывают положительное влияние на качество и количество урожая.

Основными факторами, которые влияют на урожайность сельскохозяйственных культур, являются плодородие почвы и погодные условия, но не менее важным для формирования урожайности сельскохозяйственных культур является продуктивность фотосинтеза, напрямую зависящая от площади листовой поверхности растений, на которую применение удобрений и биопрепаратов, оказывает существенное влияние [3].

Цель исследования – дать оценку влияния агротехнологических элементов возделывания (применение удобрений и биопрепаратов) на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивность сои в условиях Самарской области.

Материалы и методы исследований

Полевой опыт в 2022-2023 гг. закладывался в кормовом севообороте научно-исследовательской лаборатории «Корма» кафедры «Растениеводства и земледелия» ФГБОУ ВО Самарского ГАУ. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный остаточнокarbonатный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый с содержанием легкогидролизуемого азота 105...127 мг, подвижного фосфора 130...152 мг и обменного калия 311...324 мг на 1000 г почвы, pH – 5,8. Увлажнение естественное. Объектом исследований являлись сорта сои Самер 1, Самер 2, Самер 4.

Всего вариантов в опыте 27. Повторность четырехкратная, площадь делянки 50 м². Агротехника общепринятая для зоны. Норма высева семян сои составила 750 тыс./га. Способ посева рядовой проводился сеялкой AMAZONE D9-25.

Ассимиляционная поверхность листьев определяется контурным методом в компьютерной модификации. Для определения площади контуров берется навеска 1-3 г сырых листьев. Листья расправляются и закладываются в сканер. Программа определяет площадь листьев, сравнивая с эталоном известной площади (2 см). В свежесрезанной массе определяли структуру урожая, выделялась доля листьев, соцветий, стеблей в процентах к массе пробы. Имея данные по облиственности растений и массе растений с 1 м², проводится пересчет площади листьев из см²/м² в м²/га.

Фотосинтетический потенциал и ЧПФ рассчитывается по А.И. Бегишеву, А.А. Ничипоровичу по формуле:

$$\text{ФП} = 0,5 * (\text{Л}_1 + \text{Л}_2) * \text{п} \text{ (тыс. м}^2\text{/га * дней),}$$

где: Л_1 – площадь листьев в начале определения, тыс. м²/га;
 Л_2 – площадь листьев в конце определения, тыс. м²/га;
 п – число дней в периоде (декаде).

Чистая продуктивность выражается в граммах прироста абсолютно сухой массы на 1 м площади листьев в сутки.

$$\text{ЧПФ} = V_2 - V_1 / 0,5 * (L_1 + L_2) * \pi \text{ (г/м}^2 \text{ сутки)},$$

- где: V_1 – масса сухого вещества в г/м в начале периода (декады);
 V_2 – масса сухого вещества в г/м в конце периода (декады);
 L_1 – площадь листьев в начале периода (декады), тыс. м²/га;
 L_2 – площадь листьев в конце периода (декады), тыс. м²/га;
 π – число дней в периоде (декаде).

Уборка проводилась поделочно в фазу полной спелости.

В трехфакторном опыте по изучению влияния внесения удобрений и обработок по вегетации препаратами входили:

– внесение удобрений $N_5 P_{13} K_{13}$, $N_{10} P_{26} K_{26}$ и контроль (без внесения удобрений) (фактор А);

– обработка посевов по вегетации препаратами системы Мегамикс (в фазу ветвления и бутонизации – Мегамикс Профи 0,7 л/га + Бор 0,3 л/га; в фазу образования бобов Азот (N) 0,5 л/га + Калий (K) 0,7 л/га) и системы Витанол (в фазу ветвления – Витанол NP 0,2 л/га + Новосил 0,2 л/га; в фазу бутонизации – Витанол PK 0,2 л/га + Новосил 0,2 л/га + Витанол смачиватель 0,5 л/га; в фазу образования бобов – Витанол Микро 0,5 л/га + Новосил 0,2 л/га + Витанол смачиватель 0,5 л/га) (фактор В);

– сорта: Самер 1, Самер 2, Самер 4 (фактор С).

Результаты и их обсуждение

Исследования, проведенные в 2022-2023 году показали, что соя в сложившихся условиях положительно отзывается на фонах с внесением удобрений и обработками по вегетации.

Все полученные показатели по фонам, обработкам и сортам возрастали в сравнении с контролем.

Наращение площади листовой поверхности у сортов сои проходила от фазы 3-5 листьев до фазы бутонизации. Размер листовой поверхности увеличивался по мере роста и развития растения (табл. 1).

Наибольшая площадь листьев формировалась в фазу бутонизации на посевах при применении удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$ по сортам и обработкам она составила от 72,73 до 80,57 тыс.м²/га. Наименьшая площадь листьев была получена в фазе 3-5 листа, на контроле (без внесения удобрений) по всем сортам и обработкам, составила 28,04-52,85 тыс.м²/га. В фазу образования бобов уменьшение площади листовой поверхности по фонам, сортам и обработкам составило на 19-20% от фазы бутонизации.

Влияние изучаемых агроприемов на показатель фотосинтетического потенциала растений между сортами было различным. Фотосинтетический потенциал (ФП) с увеличением доз внесения удобрений существенно увеличивался.

На контроле (без внесения удобрений) в период от всходов до 3-5 листа ФП по всем сортам и обработкам составил 511,5-689,8 млн./м²/га дней, на фоне с внесением $N_5P_{13}K_{13}$ – 575,0-780,7 млн./м²/га дней, на фоне с внесением $N_{10}P_{26}K_{26}$ – 688,9-909,5 млн./м²/га дней (табл.2). Удобрения и стимулирующие препараты оказывали положительное влияние на величину данного показателя. Наибольший фотосинтетический потенциал в период всходы - 3-5 листа был получен на фоне с внесением $N_{10}P_{26}K_{26}$ с системной обработкой Мегамикс на сорте Самер 4, и составил 909,5 млн./м²/га дней.

В период 3-5 листа – бутонизация показатели фотосинтетического потенциала были больше, по всем фонам, обработкам и сортам, они увеличились на 2-17%, что в дальнейшем оказало влияние на формирование урожайности сои. Фотосинтетический потенциал не увеличивался от периода бутонизация до образование бобов.

За вегетацию наибольший суммарный показатель получили на фоне с внесением $N_{10}P_{26}K_{26}$ с обработкой системой Мегамикс на сорте Самер 4 – 2851,3 млн./м²/га дней.

Таблица 1

Площадь листовой поверхности сои в среднем за 2022-2023 гг., тыс. м²/га

Доза внесенных удобрений	Обработка по вегетации	Сорта	Фазы		
			3-5 листа	бутонизация	образование бобов
Контроль (без внесения удобрений)	Контроль (без обработки)	Самер 1	28,04	57,30	46,51
		Самер 2	35,52	59,50	47,34
		Самер 4	35,41	68,71	49,72
	Система Мегамикс	Самер 1	30,40	67,44	47,85
		Самер 2	37,92	67,32	49,81
		Самер 4	38,87	74,42	53,01
	Система Витанол	Самер 1	30,94	67,13	47,54
		Самер 2	37,41	66,01	49,73
		Самер 4	39,41	70,61	54,53
Внесение N ₅ P ₁₃ K ₁₃	Контроль (без обработки)	Самер 1	32,96	64,15	50,42
		Самер 2	42,32	68,84	51,03
		Самер 4	35,91	73,64	55,11
	Система Мегамикс	Самер 1	35,40	68,51	52,01
		Самер 2	45,10	65,70	56,44
		Самер 4	42,21	75,50	58,83
	Система Витанол	Самер 1	37,31	68,20	52,96
		Самер 2	44,63	69,41	57,68
		Самер 4	43,12	74,93	59,45
Внесение N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль (без обработки)	Самер 1	39,42	72,73	51,04
		Самер 2	48,01	74,91	60,02
		Самер 4	45,60	76,31	60,05
	Система Мегамикс	Самер 1	42,43	76,06	56,31
		Самер 2	50,73	79,01	62,84
		Самер 4	51,81	80,62	64,56
	Система Витанол	Самер 1	42,21	75,52	57,22
		Самер 2	51,85	80,22	61,54
		Самер 4	52,01	80,57	63,83

Таблица 2

Фотосинтетический потенциал (ФП) посевов сои в среднем за 2022-2023 гг., млн./м²/га дней

Доза внесенных удобрений	Обработка по вегетации	Сорта	Период			ΣФП
			всходы-3-5 листа	3-5 листа-бутонизация	бутонизация-образование бобов	
Контроль (без внесения удобрений)	Контроль (без обработки)	Самер 1	511,5	596,4	786,3	1894,2
		Самер 2	606,9	665,4	747,4	2019,6
		Самер 4	619,0	728,1	828,4	2175,5
	Система Мегамикс	Самер 1	532,6	684,5	805,5	2022,5
		Самер 2	628,1	736,4	819,7	2184,1
		Самер 4	678,8	792,1	891,7	2362,6
	Система Витанол	Самер 1	541,4	686,4	802,0	2029,8
		Самер 2	654,4	723,9	809,7	2187,9
		Самер 4	689,8	770,3	874,2	2334,3

<i>Продолжение таблицы 2</i>						
Внесение N ₅ P ₁₃ K ₁₃	Контроль (без обработки)	Самер 1	575,0	678,9	801,5	2055,4
		Самер 2	740,4	778,0	839,0	2357,3
		Самер 4	629,0	767,1	901,4	2297,4
	Система Мегамикс	Самер 1	619,8	727,2	843,2	2190,2
		Самер 2	775,1	788,5	854,4	2418,0
		Самер 4	739,1	824,0	939,9	2502,9
	Система Витанол	Самер 1	652,9	738,2	847,1	2238,1
		Самер 2	780,7	798,0	889,0	2467,6
		Самер 4	754,4	826,3	940,6	2521,3
Внесение N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль (без обработки)	Самер 1	688,9	784,6	865,9	2339,3
		Самер 2	839,6	860,2	943,7	2643,5
		Самер 4	798,4	853,1	953,3	2604,7
	Система Мегамикс	Самер 1	787,8	828,7	925,5	2541,9
		Самер 2	836,6	859,6	943,9	2640,1
		Самер 4	909,6	926,4	1015,3	2851,3
	Система Витанол	Самер 1	738,7	823,9	928,7	2491,2
		Самер 2	906,6	923,9	991,6	2822,1
		Самер 4	909,5	927,8	1010,3	2847,6

Величина урожайности определяется не только размерами фотосинтезирующей поверхности, но и чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ).

Наиболее высокая в исследованиях чистая продуктивность фотосинтеза в среднем между фонами, сортами и обработками составила 5,154 г/м²/сутки (табл. 3). Увеличение доз внесения удобрений с контроля до N₁₀P₂₆K₂₆ повышало площадь листовой поверхности (80,6 тыс.м²/га), что не обеспечивало дальнейшего роста чистой продуктивности фотосинтеза.

Таблица 3

Чистая продуктивность фотосинтеза сои в среднем за 2022-2023 гг., г/м²/сутки

Доза внесенных удобрений	Обработка по вегетации	Сорта	Период			Средняя ЧПФ
			всходы-3- 5 листа	3-5 листа- бутонизация	бутонизация- образование бобов	
Контроль (без внесения удобрений)	Контроль (без обработки)	Самер 1	3,513	4,243	4,712	4,156
		Самер 2	4,305	4,367	4,244	4,305
		Самер 4	3,401	4,332	4,937	4,223
	Система Мегамикс	Самер 1	4,865	4,411	4,956	4,744
		Самер 2	4,632	4,789	4,897	4,773
		Самер 4	3,511	4,712	5,638	4,620
	Система Витанол	Самер 1	4,534	4,344	4,575	4,451
		Самер 2	4,976	4,685	4,496	4,686
		Самер 4	3,645	4,699	4,377	4,274
Внесение N ₅ P ₁₃ K ₁₃	Контроль (без обработки)	Самер 1	4,612	4,511	4,060	4,428
		Самер 2	4,211	4,745	5,403	4,820
		Самер 4	4,002	4,843	5,641	4,829
	Система Мегамикс	Самер 1	4,921	5,175	4,857	4,951
		Самер 2	4,422	4,982	5,532	4,945
		Самер 4	4,843	4,716	5,076	4,845
	Система Витанол	Самер 1	4,535	5,147	4,712	4,831
		Самер 2	4,566	4,723	4,789	4,659
		Самер 4	4,757	4,754	4,954	4,855

Продолжение таблицы 3

Внесение N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль (без обработки)	Самер 1	4,770	5,423	4,733	4,942
		Самер 2	4,712	4,201	5,112	4,780
		Самер 4	5,111	4,059	4,636	4,635
	Система Мегамикс	Самер 1	4,876	5,664	4,822	5,154
		Самер 2	4,887	3,819	5,211	4,639
		Самер 4	5,343	4,654	4,887	4,961
	Система Витанол	Самер 1	4,845	5,599	4,734	5,059
		Самер 2	4,633	3,612	5,221	4,522
		Самер 4	5,278	4,247	4,786	4,770

В 2022-2023 годах в среднем по фонам, на всех обработках и сортах средняя урожайность составила от 1,24 до 1,64 т/га. На фонах с внесением удобрений урожайность существенно превышала показатели в сравнении с контролем (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность сои в среднем за 2022-2023 гг.

Доза внесенных удобрений	Обработка по вегетации	Сорта	Урожайность, т/га		Средняя урожайность по сортам, т/га	Средняя урожайность по обработкам, т/га
			2022 г.	2023 г.		
Контроль (без внесения удобрений)	Контроль (без обработки)	Самер 1	1,31	1,09	1,12	1,24
		Самер 2	1,19	0,88		
		Самер 4	1,50	0,81		
	Система Мегамикс	Самер 1	1,36	1,25	1,30	
		Самер 2	1,30	1,13		
		Самер 4	1,55	1,18		
	Система Витанол	Самер 1	1,29	1,27	1,31	
		Самер 2	1,30	1,29		
		Самер 4	1,54	1,19		
Внесение N ₅ P ₁₃ K ₁₃	Контроль (без обработки)	Самер 1	1,41	1,26	1,36	1,45
		Самер 2	1,30	1,41		
		Самер 4	1,60	1,19		
	Система Мегамикс	Самер 1	1,51	1,59	1,52	
		Самер 2	1,36	1,60		
		Самер 4	1,68	1,40		
	Система Витанол	Самер 1	1,51	1,38	1,46	
		Самер 2	1,50	1,37		
		Самер 4	1,72	1,23		
Внесение N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль (без обработки)	Самер 1	1,54	1,41	1,47	1,64
		Самер 2	1,35	1,60		
		Самер 4	1,62	1,31		
	Система Мегамикс	Самер 1	1,63	1,96	1,74	
		Самер 2	1,45	1,78		
		Самер 4	1,89	1,79		
	Система Витанол	Самер 1	1,60	1,91	1,72	
		Самер 2	1,44	1,97		
		Самер 4	1,72	1,63		

НСП_{об.} = 0,47 0,42
 НСП_А = 0,16 0,14
 НСП_В = 0,16 0,14
 НСП_С = 0,16 0,14
 НСП_{АВ} = 0,27 0,24
 НСП_{АС} = 0,27 0,24
 НСП_{ВС} = 0,27 0,24

Урожайность на сорте Самер 1 на фонах и обработках изменялась от 1,60 т/га до 1,80 т/га, на Самере 2 – 1,04-1,71 т/га, Самере 4 от 1,16 т/га до 1,81 т/га. У всех сортов на фонах с внесением удобрений значимую прибавку получили при применении обработок препаратами в системе Мегамикс и Витанол. Таким образом, на фоне $N_{10}P_{26}K_{26}$ по обработкам сорт Самер 1 в сравнении с контролем (без внесения удобрений) дал прибавку на 34,4%, Самер 2 на 35,6%, Самер 4 – 26,9%.

Урожайность в среднем за два года по обработкам на всех фонах показала следующие результаты – в контроле (без обработки) урожайность составила от 1,12 до 1,47 т/га, при применении обработки препаратами в системе Мегамикс – от 1,30 до 1,74 т/га, при обработке системой Витанол – 1,31-1,72 т/га.

На фоне в контроле (без внесения удобрений), при обработке по вегетации препаратами системы Мегамикс средняя урожайность по сортам превысила на 0,18 т/га, по сравнению контроля (без обработки), с повышением 1,30 т/га.

Системно применяемые препараты существенно превышают урожайность, так, на фоне внесения удобрений $N_5P_{13}K_{13}$ в среднем по сортам, наибольший показатель получили при обработке системой Мегамикс – 1,52 т/га, наименьший показатель был на контроле (без обработки), составил 1,36 т/га, при статистически достоверном превышении 0,16 т/га.

На фоне с внесением удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$ средняя урожайность на контроле (без обработки) составил 1,47 т/га, с обработкой системой Мегамикс – 1,74 т/га, и с обработкой препаратами системы Витанол – 1,72 т/га, обеспечивая достоверную прибавку 0,27 т/га и 0,25 т/га. На данном фоне применение системы обработки препаратами Мегамикс обеспечивали наибольшую урожайность в сравнении с другими вариантами.

Максимальная урожайность в среднем по всем сортам и обработкам получена на фоне с внесением удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$, составила 1,60 т/га.

Заключение

Таким образом, проведенная сравнительная оценка применения минеральных удобрений и систем биопрепаратов на посевах сои показала, что изучаемые сорта Самер 1, Самер 2, Самер 4 на данных фонах и обработках дают положительные результаты. Все показатели по данным исследования дали наибольший результат на фоне с внесением удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$ на обработке системой Мегамикс и сорте Самер 4, обеспечивая максимальный показатель фотосинтетического потенциала и как следствие – урожайность.

Литература

1. Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М., Зиангирова Л.М. Испытание гуминовых препаратов на сое в условиях Приморского края // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10. – С. 42-50.
2. 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
3. Никитишен В.И., Терехова Л.М., Личко В.И. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза растений в различных условиях минерального питания // Агрохимия. – 2019. – № 8. – С. 35-43.
4. Сельское хозяйство в России. 2019: Стат. сб. / Росстат. Москва, 2019. – 91 с.
5. Сулейменов А.Б., Сапаров А.А., Сапаров Г.В., Садуахас А.М. Агрохимическая оценка плодородия почв Агропарка Онтустик. // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1. – С. 50-61.

References

1. Butovets E.S., Luk'yanchuk L.M., Ziangirova L.M. Testing of humic preparations on soybean under Primorsky Krai conditions // *Vestnik KrasGAU*. - 2020. - № 10. - Pp. 42-50
2. Zotikov V.I. Domestic breeding of leguminous and groat crops // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2020. - № 3 (35). - Pp. 12-19.
3. Nikitishen V.I., Terekhova L.M., Lichko V.I. Formation of assimilation apparatus and photosynthetic productivity of plants under different conditions of mineral nutrition // *Agrokhimiya*. - 2019. - № 8. - Pp. 35-43
4. Agriculture in Russia. 2019: Stat. collection / Rosstat. Moscow, 2019. - 91 p.
5. Suleimenov A.B., Saparov A.A., Saparov G.V., Saduakhas A.M. Agrochemical assessment of soil fertility of Ontustik Agropark // *Pochvovedenie i agrokhimiya*. - 2020. - № 1. - Pp. 50-61

ДИНАМИКА ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ НОВЫХ СОРТОВ СОИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В ЦЧР РФ

Е.В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-7012-8267, E-mail: kat782010@mail.ru
О.В. ЛЕУХИНА, аспирант, E-mail: oxana_leukhina@mail.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

Количественное содержание и качественный состав пигментов, изменение их соотношения в ассимиляционных органах – важные и чувствительные показатели физиологических процессов, которые характеризуют гомеостаз растений. Температурный режим и количество осадков относятся к основным факторам среды, оказывающих влияние на состояние пигментного комплекса, а также на скорость депонирования углерода и продуктивность биоценоза. Механизмы трансформации на уровне первичных фотосинтетических реакций преобразования энергии в растениях сои в зависимости от температуры и влагообеспеченности изучены недостаточно. В 2020-2022 гг. в полевом опыте исследовались: сорта сои Лидер 1; Л-10, Л-171 селекции ФНЦ ЗБК и канадские сорта Амадеус, Асука, Нордика. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях определяли в фазу цветения и налива бобов. В благоприятных условиях (высокие влагообеспеченность и температура) фотосинтетический аппарат новых сортов сои проявляет высокую физиологическую активность, образуя в листьях максимальное количество Хла+b. Во влажные годы со значениями ГТК=2,1-2,3 количество суммы хлорофиллов и каротиноидов выше, чем в засушливее годы с ГТК=1,4 на 83% и 38% соответственно. Увеличение содержания пигментов при низкой инсоляции способствует эффективному использованию световой энергии, что является проявлением адаптации растений сои к абиотическим факторам. Изменение соотношения пигментов свидетельствует о компенсаторных механизмах, направленных на стабилизацию фотосинтетической активности растений. Фотосинтетический аппарат сои сохраняет высокую эффективность в период налива бобов, что подтверждается значительной (до 10,6 мг/г сухого вещества) концентрацией суммы хлорофиллов. Выявлены сортовые различия по накоплению фотосинтетических пигментов: по 3-х летним данным наибольшее количество зеленых пигментов наблюдалось в фазу цветения у сорта Амадеус: Хла – 6,4 мг/г сухого вещества, Хlb – 5,3 мг/г сухого вещества, каротиноидов – у линии Л-10 – 2,0 мг/г сухого вещества. Сорта зарубежной селекции превосходят отечественные сорта по содержанию Хла+b в среднем на 17%. Таким образом, трансформация пигментного комплекса в зависимости от погодных условий позволяет растениям сои поддерживать уровень фотосинтеза на оптимальном уровне.

Ключевые слова: соя, пигменты, адаптивность, абиотические факторы.

Для цитирования: Головина Е.В., Леухина О.В. Динамика относительного содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений новых сортов сои при возделывании в ЦЧР РФ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):27-33. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-27-33

DYNAMICS OF RELATIVE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN LEAVES OF PLANTS OF NEW SOYBEAN VARIETIES UNDER CULTIVATION IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

E.V. Golovina, O.V. Leukhina

Abstract: *The quantitative content and qualitative composition of pigments, changes in their ratio in assimilatory organs are important and sensitive indicators of physiological processes that characterize plant homeostasis. Temperature regime and precipitation are among the main environmental factors influencing the state of the pigment complex, as well as the rate of carbon deposition and biocenosis productivity. The mechanisms of transformation at the level of primary photosynthetic reactions of energy conversion in soybean plants depending on temperature and moisture availability are insufficiently studied. In 2020-2022, soybean varieties Leader 1, L-10, L-171 of the FSC LGC breeding and Canadian varieties Amadeus, Asuka, Nordica were studied in a field experiment. The content of chlorophylls and carotenoids in leaves was determined in the phase of flowering and bean filling. Under favorable conditions (high water availability and temperature), the photosynthetic apparatus of new soybean varieties shows high physiological activity, forming the maximum amount of Chla+b in leaves. In wet years with values of hydrothermal coefficient (HTC) = 2.1-2.3, the amount of the sum of chlorophylls and carotenoids is higher than in drier years with HTC = 1.4 by 83% and 38%, respectively. An increase in pigment content at low insolation promotes the efficient use of light energy, which is a manifestation of the adaptation of soybean plants to abiotic factors. A change in the ratio of pigments indicates compensatory mechanisms aimed at stabilizing the photosynthetic activity of plants. The photosynthetic apparatus of soybeans remains highly efficient during the bean filling period, which is confirmed by a significant (up to 10.6 mg/g dry matter) concentration of the total chlorophylls. Varietal differences in accumulation of photosynthetic pigments were revealed: according to 3-year data, the highest amount of green pigments was observed in the flowering phase in the Amadeus variety: Chla - 6.4 mg/g dry matter, Chlb - 5.3 mg/g dry matter, carotenoids - in the L-10 line 2.0 mg/g dry matter. Foreign breeding varieties surpass domestic varieties in Chla+b content by an average of 17%. Thus, the transformation of pigment complex depending on weather conditions allows soybean plants to maintain photosynthesis at the optimal level.*

Keywords: soybean, pigments, adaptability, abiotic factors.

Введение

Фотосинтез зеленых растений обеспечивает введение в биосферные процессы солнечной энергии, тем самым определяя масштабы, состав и саму возможность существования жизни на Земле. Фотосинтетические пигменты – главные фоторецепторы клетки, ответственные за поглощение, преобразование и использование световой энергии, которые играют важную роль в процессе фотосинтеза на всех уровнях его организации: от молекулярного до экосистемного и биосферного [1, 2].

Динамика структурно-функциональной организации пигментного комплекса хлоропластов листьев в зависимости от внешних условий представляет собой проявление адаптации фотосинтетического аппарата к действию изменяющихся условий среды [3]. Соотношения $X_{л a}/X_{л b}$ и хлорофиллов и каротиноидов являются индикатором воздействия стрессоров различной напряженности на растительный организм [4, 5]. В связи с этим количественное содержание и качественный состав пигментов, изменение их соотношения в ассимиляционных органах – важные и чувствительные показатели физиологических процессов, которые характеризуют гомеостаз растений.

Следует отметить, что в ЦЧР РФ в структуре пигментного аппарата сои наблюдается преобладание количества хлорофиллов в светособирающих комплексах (ССК) по сравнению с фотосистемами [6], что свидетельствует о высокой светопоглощающей способности хлоропластов листьев сои.

Температурный режим и количество осадков относятся к основным факторам среды, оказывающих влияние на состояние пигментного комплекса, а также на скорость депонирования углерода и продуктивность биоценоза. Механизмы трансформации на уровне

первичных фотосинтетических реакций преобразования энергии в растениях сои в зависимости от температуры и влагообеспеченности изучены недостаточно.

Цель исследований – изучение динамики содержания и соотношения хлорофиллов и каротиноидов в листьях новых сортов сои в связи с адаптацией к абиотическим факторам.

Материалы и методы исследований

В 2020-2022 гг. в полевом опыте исследовались сорт сои Лидер 1; селекции ООО «АСТ» (г. Курск) Л-10, Л-171 селекции ФНЦ ЗБК и канадские сорта Амадеус, Асука, Нордика. Перед посевом семена обрабатывались ризоторфином, содержащим штамм ризобий 634а. Площадь деланки 10,0 м², повторность 4-х кратная. Норма высева семян сои 600 тыс. всхожих семян/га. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях определяли в фазу цветения и налива бобов (*Методические указания. Сравнительная оценка фотосинтетической способности сельскохозяйственных растений по фотохимической активности хлоропластов / Сост.: М.И. Зеленский, Г.А. Могилева. Л., 1980. – 36 с.*) на спектрофотометре СФ-2000 в спиртовой вытяжке по оптической плотности при длинах волн 649 нм и 665 нм (хлорофиллы) и 470 нм (каротиноиды). Концентрацию пигментов рассчитывали по формулам [7].

Годы исследований отличались неравномерным распределением осадков и тепла в течение вегетации. 2020 г. – наиболее влажный из 3-х лет испытаний. В период цветения количество осадков превышало норму на 40 мм. Температура во время цветения и налива бобов была в пределах нормы. В 2021 г. в июле – августе (фазы цветения и налива бобов) наблюдались следующие погодные условия: температура выше среднеиюньской на 3-5°C; количество осадков ниже нормы в фазу цветения на 30 мм, в налив бобов – на 13 мм. В 2022 г. в генеративный период (цветение – налив бобов) сложились благоприятные для сои погодные условия: температура выше нормы на 2-3°C, увлажнение достаточное.

Результаты и их обсуждение

Эффективное производство сои при продвижении ее в Центральные регионы России обусловлено в первую очередь экологической пластичностью и стабильностью культуры [8]. Успешная адаптация растительного организма к климатическим условиям во многом зависит от способности ассимиляционного аппарата и в частности пигментного комплекса адекватно менять структурные параметры, приспособляясь к различным внешним условиям, и является важнейшей характеристикой устойчивости растений [9]. Работу фотосинтетического аппарата характеризуют не только абсолютные значения содержания пигментов, но и их соотношение, которое определяет взаимодействие реакционных центров и светособирающего комплекса.

Изменение концентрации пигментов зависит от многих внешних факторов, особенно от интенсивности освещения, уровня обеспеченности влагой и теплом, а также от стадии развития растительного организма [10]. В 2020 году в фазу цветения сложились условия идеальные для сои: повышенные влажность и температура. В этом году отмечено максимальное количество Хл *a+b* 14,1 мг/г сухого вещества в среднем по сортам, что объясняется высокой физиологической активностью фотосинтетического аппарата в благоприятных условиях (табл. 1). В 2021 году в период цветения количество осадков ниже нормы на 14 мм, сумма эффективных температур выше на 83°C. Содержание Хл *a+b* составило 10,2 мг/г сухого вещества. В 2022 году сумма эффективных температур ниже среднеиюньской на 33°C, влагообеспеченность выше нормы: концентрация Хл *a+b* снизилась до 6,0 мг/г сухого вещества. Количество каротиноидов в 2020 и 2021 годах составило 1,7 мг/г сухого вещества, в 2022 году ниже на 41% – 1,0 мг/г сухого вещества.

Анализ полученных данных выявил сортовые различия по накоплению фотосинтетических пигментов в фазу цветения (табл. 1). В среднем за 3 года сумма хлорофиллов варьировала от 9,2 мг/г сухого вещества у сорта Лидер 1 до 11,7 мг/г сухого вещества у сорта Амадеус. По 3-х летним данным наибольшее количество зеленых пигментов наблюдалось у сорта Амадеус: Хл *a* – 6,4 мг/г сухого вещества, Хл *b* – 5,3 мг/г сухого вещества, каротиноидов – у линии Л-10 2,0 мг/г сухого вещества. Максимальная

концентрация Хл *a* отмечена в 2020 году у сорта Амадеус 8,1 мг/г сухого вещества, Хл *b* – у сорта Нордика 8,3 мг/г сухого вещества, каротиноидов – у линии Л-10 2,5 мг/г сухого вещества.

Хл *b* обладает защитной функцией и оказывает экранирующее действие на фотосинтетически активный Хл *a* в условиях высокой солнечной инсоляции. Соотношение Хл *a*/Хл *b* в 2020 и 2021 годах в фазу цветения в среднем по сортам составило 1,1 (рис. 1). В 2022 году в этот период сложились наиболее прохладные и влажные условия за 3 года (ГТК=2,9): соотношение Хл *a*/Хл *b* значительно выше, чем в предыдущие годы – в среднем 2,5. То есть в 2020 и 2021 годах большая часть пигментов содержалась в светособирающем комплексе (ССК), а в 2022 году – в реакционных центрах (РЦ) фотосистем. Таким образом, в 2022 году с наиболее низкой инсоляцией в период цветения сорта сои активнее перерабатывали световую энергию в продукты фотосинтеза.

Доля каротиноидов в общем фонде пигментов у сортов селекции ФНЦ ЗБК в 2020-2021 годах выше, чем у сортов канадской селекции в среднем на 55% (рис. 2). Так соотношение Хл *a+b*/каротиноиды в 2020 году в фазу цветения у сорта Амадеус достигало 14,5, у Нордики – 11,4, у сорта Асука – 8,1. У сорта Лидер 1, линий Л-10 и Л-171 отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам составило 5,0-7,9. В 2022 году варибельность доли каротиноидов у сортов различной селекции снизилась. Соотношение зеленых и желтых пигментов у всех сортов сои находилось на уровне 5,8-7,0.

Изменение содержания пигментов в различных условиях влагообеспеченности является проявлением адаптации растений сои к абиотическим факторам. В неблагоприятных условиях содержание хлорофиллов уменьшалось значительно, чем каротиноидов.

Повышение доли каротиноидов может указывать на снижение эффективности утилизации световой энергии, так как одна из основных функций каротиноидов – тушение излишков энергии, которые РЦ фотосистем не способны преобразовать. Но изменение соотношения пигментов в сторону увеличения каротиноидов может быть связано и с адаптацией фотосинтетического аппарата сортов сои северного экотипа, как растений короткого дня, к изменению интенсивности солнечного света и более продолжительному периоду светового дня.

Таблица 1

Содержание пигментов в листьях сортов сои, мг/г сухого вещества. Фаза цветения

Сорт	Хл <i>a</i>				Хл <i>b</i>				Хл <i>a + b</i>				каротиноиды			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	2022 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	2022 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	2022 г.	\bar{x}
Амадеус	8,1	6,4	4,8	6,4	7,9	5,7	2,2	5,3	16,0	12,1	7,0	11,7	1,1	2,0	1,0	1,4
Асука	7,0	3,3	3,9	4,7	6,8	6,8	1,6	5,1	13,8	10,1	5,5	9,8	1,7	0,8	0,9	1,1
Нордика	7,6	4,3	3,8	5,2	8,3	5,7	1,5	5,2	15,9	10,0	5,3	10,4	1,4	0,8	0,9	1,0
Лидер 1	7,1	6,0	3,9	5,7	5,9	3,5	1,5	3,6	12,9	9,4	5,4	9,2	1,7	2,2	1,0	1,6
Л-10	6,8	6,1	4,5	5,8	5,8	4,2	1,8	3,9	12,6	10,3	6,4	9,8	2,5	2,4	1,0	2,0
Л-171	7,4	5,0	4,3	5,6	6,1	4,0	1,8	4,0	13,5	9,0	6,1	9,5	1,7	1,7	0,9	1,4
\bar{x}	7,3±0,4	5,2±1,2	4,2±0,4		6,8±1,1	5,0±1,3	1,7±0,3		14,1±1,5	10,2±1,1	6,0±0,7		1,7±0,5	1,7±0,7	1,0±0,1	
CV, %	6,0	23,0	10,0		16,0	26,0	15,0		11,0	11,0	11,0		28,0	42,0	6,0	

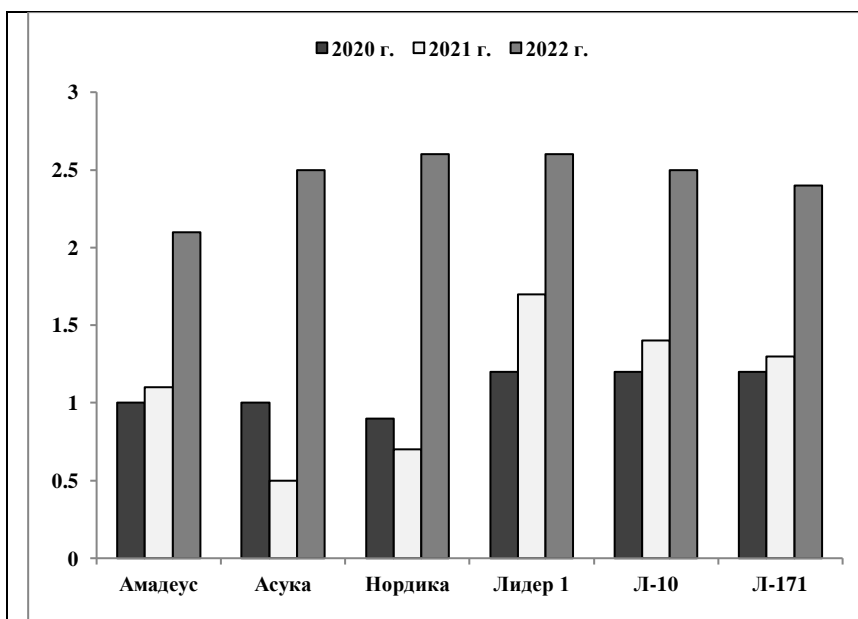


Рис. 1. Соотношение Хл *a*/Хл *b*, фаза цветения

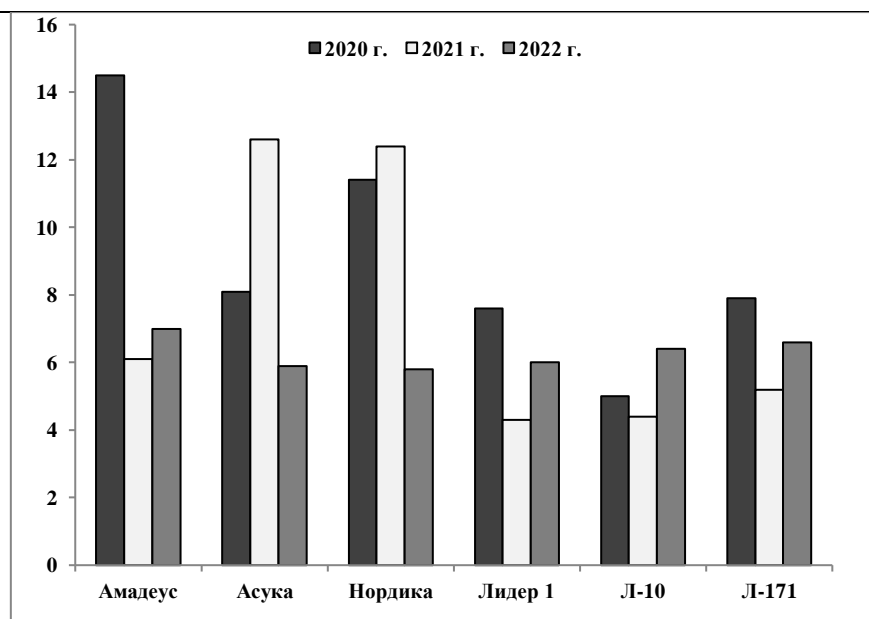


Рис. 2. Соотношение Хл *a+b* / каротиноиды, фаза цветения

В фазу налива бобов, когда функциональная направленность растения сконцентрирована на формировании плодов, прослеживается зависимость ГТК и количества пигментов (рис. 3, 4). Во влажные 2020 и 2022 годы со значениями ГТК 2,3 и 2,1 количество суммы хлорофиллов и каротиноидов выше, чем в засушливом 2021 году с ГТК=1,4 на 83% и 38% соответственно.

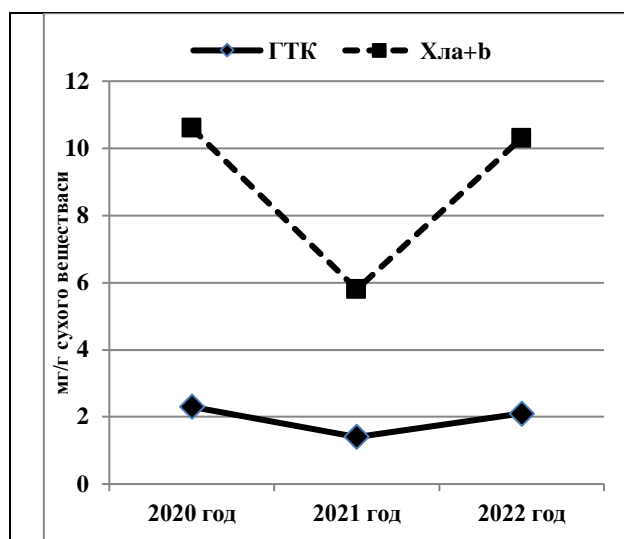


Рис. 3. Содержание Хл a+b, фаза налива бобов

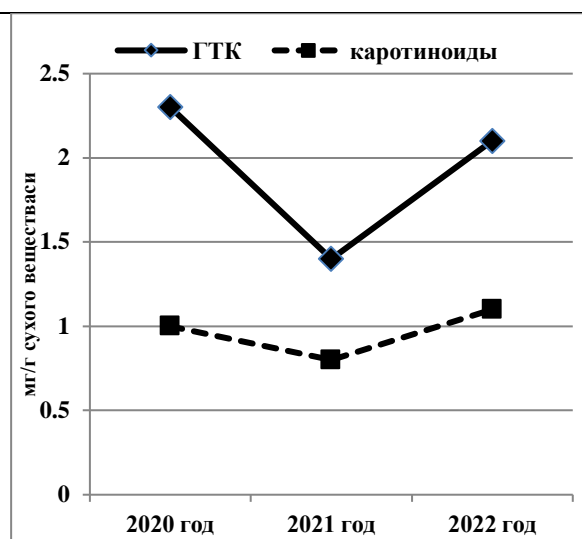


Рис. 4. Содержание каротиноидов, фаза налива бобов

Фотосинтетический аппарат сои сохраняет высокую физиологическую активность в период налива бобов. Содержание Хл a+b в листьях в среднем по сортам составило 10,3-10,6 мг/г сухого вещества в 2020 и 2022 годах (табл. 2). В засушливом 2021 году с высокой солнечной инсоляцией количество суммы хлорофиллов ниже почти в 2 раза – 5,8 мг/г сухого вещества.

Сорта зарубежной селекции в налив бобов превосходят отечественные сорта по содержанию Хл a+b в среднем за 3 года на 23%. Максимальное количество Хл a+b отмечено у сорта Асука 10,9 мг/г сухого вещества и у линии Л-10 9,1 мг/г сухого вещества.

Таблица 2

Содержание Хл a + b в листьях сортов сои, мг/г сухого вещества. Фаза налива бобов

Сорт	2020 г.	2021 г.	2022 г.	\bar{x}
Амадеус	11,4	5,5	11,8	9,6
Асука	13,7	6,7	12,3	10,9
Нордика	10,8	6,7	9,6	9,0
\bar{x} по канадским сортам	12,0	6,3	11,2	9,8
Лидер 1	7,4	4,5	7,8	6,6
Л-10	8,9	6,1	12,4	9,1
Л-171	11,4	5,3	7,9	8,2
\bar{x} по сортам селекции ФНЦ ЗБК	9,2	5,3	9,4	8,0
\bar{x}	10,6	5,8	10,3	
CV, %	21,0	15,0	21,0	

Заключение

В благоприятных условиях (высокие влагообеспеченность и температура) фотосинтетический аппарат новых сортов сои проявляет высокую физиологическую активность, образуя в листьях максимальное количество Хл a+b. Во влажные годы со значениями ГТК=2,1-2,3 количество суммы хлорофиллов и каротиноидов выше, чем в засушливые годы с ГТК=1,4 на 83% и 38% соответственно. Увеличение содержания пигментов при низкой инсоляции способствует эффективному использованию световой энергии, что является проявлением адаптации растений сои к абиотическим факторам. Изменение соотношения пигментов свидетельствует о компенсаторных механизмах,

направленных на стабилизацию фотосинтетической активности растений. Фотосинтетический аппарат сои сохраняет высокую эффективность в период налива бобов, что подтверждается значительной (до 10,6 мг/г сухого вещества) концентрацией суммы хлорофиллов. Выявлены сортовые различия по накоплению фотосинтетических пигментов: по 3-х летним данным наибольшее количество зеленых пигментов наблюдалось в фазу цветения у сорта Амадеус: Хл *a* – 6,4 мг/г сухого вещества, Хл *b* – 5,3 мг/г сухого вещества, каротиноидов у линии Л-10 – 2,0 мг/г сухого вещества. Сорты зарубежной селекции превосходят отечественные сорта по содержанию Хл *a+b* в среднем на 17%.

Таким образом, трансформация пигментного комплекса в зависимости от погодных условий позволяет растениям сои поддерживать уровень фотосинтеза на оптимальном уровне.

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

Литература

1. Дымова О.В., Головки Т.К. Фотосинтетические пигменты в растениях природной флоры таежной зоны европейского северо-востока России // Физиология растений. – 2019. – Т. 66. – №3. – С. 198-206.
2. Шавнин С.А., Юсупов И.А., Марина Н.В. и др. Сезонные изменения содержания хлорофиллов и каротиноидов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зоне влияния теплового поля газового факела // Физиология растений. – 2021. – Т. 68. – № 3. – С. 315-325.
3. Тишкина Е.А., Семкина Л.А., Григорьев А.А. Экологическая пластичность пигментного комплекса хвои в горных и равнинных ценопопуляциях можжевельника обыкновенного // Лесоведение. – 2021. – № 4. – С. 354-362.
4. Brown S.B., Houghton J.D., Hendry G.A.F. Chlorophyll breakdown // In: Scheer H. (Ed.) Chlorophylls. Boca Raton: CRC Press, – 1991. – P. 465-489.
5. Hendry G.A.F., Price A.H. Stress indicators; chlorophylls and carotenoids // In: Hendry G.A.F., Grime J.P. (Ed.) Methods in comparative plant ecology. London: Chapman and Hall, – 1993. – P. 148-152.
6. 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.
7. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determination of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents // Biochem Soc Trans. – 1983. – V. 11 – N 5. –P. 591–592.
8. Агаркова С.Н., Новикова Н.Е., Беляева Р.В., Головина Е.В., Беляева Ж.А., Цуканова З.Р., Митькина Н.И. Особенности формирования продуктивности и адаптивных реакций у сортов зернобобовых культур с рецессивными аллелями генов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, – 2016. – Т. 177. – В. 2. – С. 22-39.
9. Головина Е.В. Эколого-генетическая изменчивость содержания пигментов в листьях сортов сои северного экотипа // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2019. – № 3 (31). – С. 74-79. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11117
10. Афанасьева Л.В. Физиолого-биохимическая адаптация лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb. к условиям городской среды // Сибирский лесной журнал. – 2018. – № 3. – С. 21-29.

References

1. Dymova O.V., Golovko T.K. Photosynthetic pigments in plants of the natural flora of the taiga zone of the European North-East of Russia // *Fiziologiya rastenii*. 2019. - V. 66. - N3. - Pp. 198-206. (In Russian)
2. Shavnin S.A., Yusupov I.A., Marina N.V. et al. Seasonal changes in the content of chlorophylls and carotenoids in the pine needles (*Pinus sylvestris* L.) in the zone of influence of the gas plume heat field // *Fiziologiya rastenii*. 2021. - V. 68. - N 3. - Pp. 315-325. (In Russian)
3. Tishkina E.A., Semkina L.A., Grigor'ev A.A. Ecological plasticity of the pigment complex of needles in mountain and lowland cenopopulations of common juniper // *Lesovedenie*. 2021. - N 4. - Pp. 354-362. (In Russian)
4. Brown S.B., Houghton J.D., Hendry G.A.F. Chlorophyll breakdown // In: Scheer H. (Ed.) Chlorophylls. Boca Raton: CRC Press, 1991. - P. 465-489.
5. Hendry G.A.F., Price A.H. Stress indicators; chlorophylls and carotenoids // In: Hendry G.A.F., Grime J.P. (Ed.) Methods in comparative plant ecology. London: Chapman and Hall, 1993. Pp. 148-152.
6. Golovina E.V., Zotikov V.I. Production process and adaptive reactions to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the Central Black Earth region of the Russian Federation. - Orel: Kartush Publ., 2019. - Pp. 28-40. (In Russian)
7. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determination of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents // *Biochem Soc Trans*. 1983. - V. 11 - N 5. -Pp. 591-592.
8. Agarkova S.N., Novikova N.E., Belyaeva R.V., Golovina E.V., Belyaeva Zh.A., Tsukanova Z.R., Mit'kina N.I. Features of the formation of productivity and adaptive reactions in varieties of leguminous crops with recessive gene alleles // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, 2016. - V. 177. - Iss. 2. - Pp. 22-39. (In Russian)
9. Golovina E.V. Ecological and genetic variability of pigment content in leaves of soybean varieties of the northern ecotype // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019. - N 3 (31). - Pp. 74-79. (In Russian)
10. Afanas'eva L.V. Physiological and biochemical adaptation of the Siberian larch *Larix sibirica* Ledeb. to urban conditions // *Sibirskii lesnoi zhurnal*. 2018. - N 3. - Pp. 21-29. (In Russian)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОРТИМЕНТА СОИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

С.В. ГОНЧАРОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-1084-9521,
E-mail:slogan070260@gmail.com

Г.А. КИПШАКБАЕВА*, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0002-2830-7173, E-mail:guldenkipshakbaeva@bk.ru

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕТРА I,
г. ВОРОНЕЖ, РОССИЯ

* НАО КАЗАХСКИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ С. СЕЙФУЛЛИНА, г. АСТАНА, КАЗАХСТАН

В статье рассматривается потенциал развития белково-масличной культуры сои в Казахстане. В условиях растущего внутреннего и внешнего спроса на продукты из сои (растительные масла, шроты и т.д.) культура становится отличной альтернативой пшенице – главного предмета экспорта агропромышленного комплекса Казахстана. По результатам исследований отечественных ученых имеется высокий потенциал адаптивности и хорошей урожайности культуры в условиях юга Казахстана как в богарных, так и поливных условиях. В связи с изменением климата и прогрессом селекции расширяется «окно возможностей» для выращивания сои в северных регионах Казахстана. В статье приведены посевные площади культуры, объёмы производства, используемые и допущенные к использованию сорта сои в регионах Казахстана в направлении: север-восток-юг. Рассматриваются основные перспективные направления селекции для разных регионов, направленные на расширение (приумножение) национального сортимента сои, с помощью которого ожидается увеличение доли культуры в севооборотах и объемов производства в республике Казахстан.

Ключевые слова: сорт, происхождение, зона возделывания, реестр, производство.

Для цитирования: Гончаров С.В., Кипшакбаева Г.А. Перспективы развития сортимента сои в республике Казахстан. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):34-41. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-34-41

DEVELOPMENT OF THE SOYBEAN ASSORTMENT IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

S.V. Goncharov, G.A. Kipshakbayeva*

FSBEI HE EMPEROR PETER THE GREAT VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY,
Voronezh, Russia

*NAO S.SEIFULLIN KAZAKH AGROTECHNICAL RESEARCH UNIVERSITY, ASTANA,
KAZAKHSTAN

Abstract: *The article discusses the potential for the development and introduction of protein-oilseed soybean culture in Kazakhstan. The agro-industrial complex of the country considers soybeans as an excellent prospect and a potential crop replacing the main export crop - wheat, due to its demand among the agrarians of Kazakhstan. According to the results of the research of domestic scientists, there is a high potential for adaptability and good crop yield in the*

conditions of the south of Kazakhstan in both rain-fed and irrigation conditions. However, there is a possibility of implementation in the northern region. The sown areas of the crop in Kazakhstan, used and approved for use soybean varieties according to the regions, north-east-south are given. The main directions of breeding activities for these regions have been identified, which in turn will favorably affect the expansion of acreage and the widespread introduction of culture in Kazakhstan.

Keywords: variety, origin, cultivation zone, register, production.

Введение

Мировая площадь посевов сои превышает 100 млн. га, выращивают ее в основных сельскохозяйственных регионах 90 стран. Мировое производство этой культуры достигает более 253 млн. т. Соя занимает первое место в мировых ресурсах производства масла, шрота и комбикормов, имеет большой удельный вес в региональных и национальных продовольственных программах.

В настоящее время самые большие посевные площади и производство сои находятся в Бразилии (около 35-40% от мировых), США (20%), Аргентине (12%), Китае (12-13%) и Индии (8%). В Европе сосредоточено около 2% от общей площади мировых посевов сои. Средняя мировая урожайность составляет примерно 22,5 ц/га. Основными потребителями являются Китай, Бразилия, США и Аргентина (до 50% мировых объемов). Китай – крупнейший мировой импортер сои (75 млн. т.) при производстве 18,3 млн. т. (рис. 1).

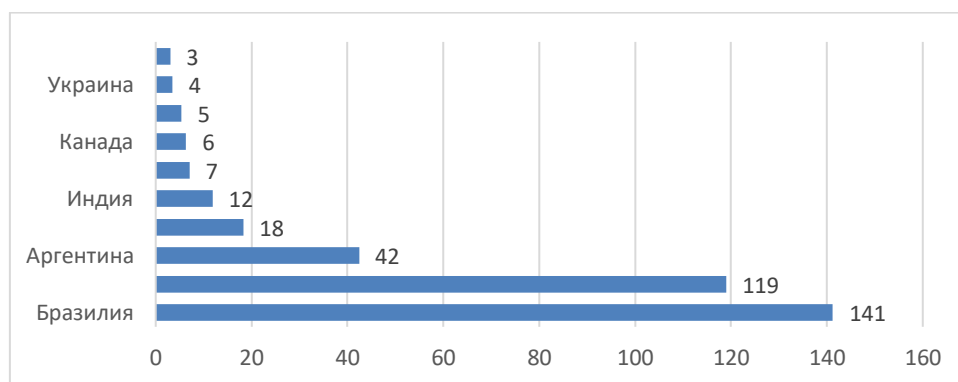
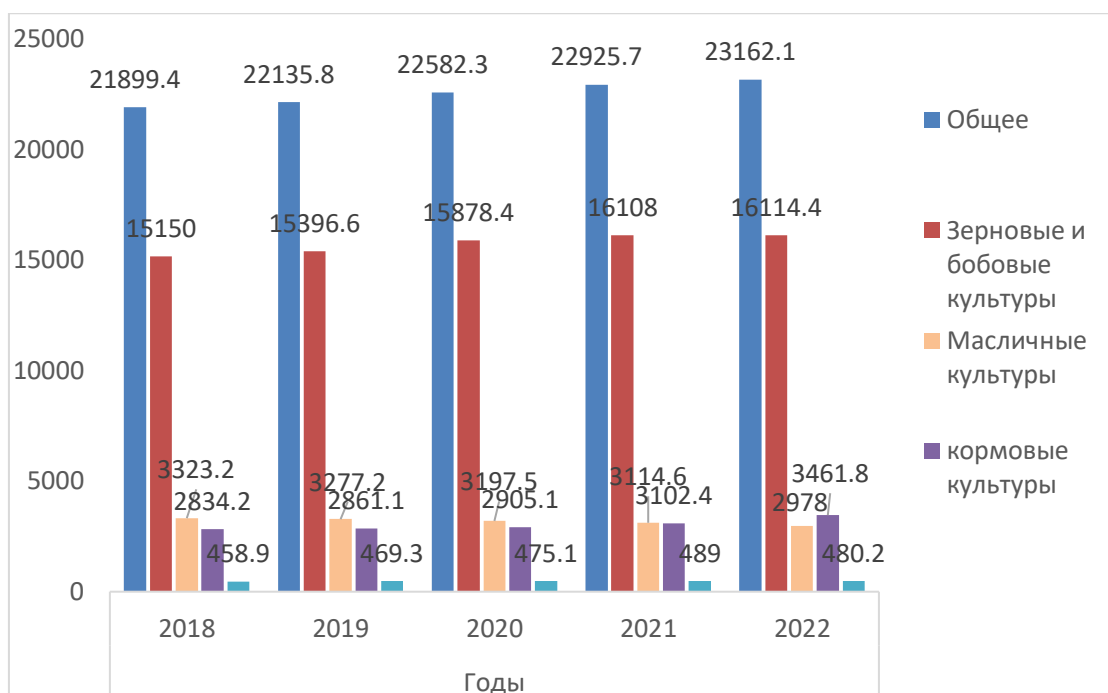


Рис. 1. Мировое производство сои, млн. т, среднее за 2022-2023 гг.

Зерновое производство является одной из стратегических отраслей республики Казахстан, от состояния её зависит продовольственная безопасность, доходы и занятость населения, как и развитие сопутствующих отраслей. Вместе с тем, преобладание зерновых культур, зачастую монокультуры пшеницы является риском устойчивого развития АПК. По данным Министерства сельского хозяйства республики Казахстан в 2009 г. доля зерновых в структуре посевных площадей достигла 80,4%, в том числе пшеницы 68,9% (14,7 млн. га) при рекомендованных показателях 45-50%. Принятые в последние годы меры по диверсификации растениеводства способствовали сокращению доли пшеницы до 55,9% (12,9 млн. га) в 2021 г.

Необходимость диверсификации сельскохозяйственного производства и улучшения севооборотов требует увеличения доли зернобобовых, масличных и кормовых культур.

Так, в относительно благоприятных почвенно-климатических условиях Северного Казахстана доля подсолнечника в структуре севооборотов зачастую превышает 30%, чему способствуют меры государственной поддержки и благоприятная конъюнктура рынка. Однако, в целом по республике посевные площади масличных культур незначительно выросли с 2834,2 тыс. га в 2018 до 2978 тыс. га в 2022 г. (рис. 2).



* Данные Национального бюро статистики, Агентства статистического планирования и реформ республики Казахстан

Рис. 2. Площади сельскохозяйственных культур, тыс. га, 2018-2022 гг.

Вместе с ростом посевных площадей, возрастает и производство масличных культур, которое в 2022 году достигло 3051,3 тыс. тонн, в сравнении с 2018 годом увеличилось на 29,3%.

Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства, необходимый уровень продовольственной безопасности страны предъявляют новые требования к научному обеспечению создания селекционных достижений полевых культур, совершенствованию технологий их возделывания и семеноводства. Отсутствие достаточного количества отечественных, адаптивных сортов (особенно по зернобобовым и масличным культурам) является сдерживающим фактором для полноценного внедрения диверсификации в АПК, в частности масличных культур как соя [1].

В Казахстане самым распространенным и опасным агрометеорологическим явлением является засуха. Анализ случаев неблагоприятных погодных явлений, вызвавших значительное или полное уничтожение посевов на территории Казахстана за 2005-2010 гг., показал, что доля атмосферной и почвенной засухи составляет около 80%, в то время как ливневого дождя и града – 14%, заморозков – 2%, переувлажнения почвы – 2%, сильных морозов и сильных ветров – по 1% [2, 3].

В основе реализации потенциальной урожайности сои лежит требование удовлетворения ее биологических потребностей в факторах внешней среды и агроклиматических характеристиках региона возделывания, прежде всего – напряженности тепла и обеспеченности влагой как в отдельные периоды ее роста и развития, так и в целом за период вегетации. Погодная составляющая вариабельности величины урожая может достигать 60-80% от всех остальных факторов, оказывающих влияние на продукционный процесс сои [4].

Однако в последние десятилетия наблюдаемое потепление климата и рост накопленных сумм активных температур в регионе создают предпосылки для селекции культуры на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам, пониженную реакцию на длину светового дня и адаптацию к агроклиматическим условиям зоны выращивания. Из-за суровых

климатических условий Казахстана выбор сортов сои ограничен, соответственно актуальность новых адаптированных сортов большая [5-8].

Использование новых высокопродуктивных адаптивных сортов сои – важный малозатратный прием, обеспечивающий успешную интродукцию и высокий экономический эффект при выращивании этой культуры. Несмотря на экологическую пластичность современных сортов, соя может негативно реагировать на изменения внешней среды, снижая урожайность при перемещении в другие регионы [9].

Требования к сортам сои дифференцируют в зависимости от места и цели возделывания. Величина и качество урожая должны соответствовать выбранному направлению производства с узкой нормой реакции. Они должны хорошо отзываться на удобрения, обладать высокой скоростью фотосинтеза и интенсивностью ризобияльной азотфиксации, быть пригодными к механизированному выращиванию и уборке [10].

Соя – сложна для возделывания в Казахстане из-за климатических особенностей нашей страны. Расширению площадей посева сои в северные регионы препятствуют стрессовые условия – ограниченность тепловых и влажностных ресурсов [11].

В среднем урожайность сои по Казахстану составляет 20-21 ц/га, однако наивысшие показатели характерны для Алматинской области. В остальных регионах Казахстана урожайность сои не превышает 10 ц/га.

Расширение посевных площадей под этой культурой требует создания сортов, адаптированных для различных зон. Казахстан расположен на стыке двух континентов – Европы и Азии, между 45 и 87 градусами восточной долготы, 40 и 55 градусами северной широты. Территория Казахстана находится очень далеко от океана и открыта для ветров с запада и севера. Из-за этого основными свойствами климата Казахстана являются его резкая континентальность и неравномерное распределение природных осадков. За исключением северных районов, почвы в Казахстане бедные и засоленные. В целом для страны характерна широтная зональность почв: на севере – черноземы, далее на юге – каштановые, бурые полупустынные почвы.

В связи с климатическими характеристиками отдельных зон Казахстана направления селекционных работ по сое различны: юг – поздние сорта, с вегетационным периодом 135-145 дней (III группа спелости), обладающие засухоустойчивостью, мощной корневой системой; юго-восток – среднепоздние сорта, с вегетационным периодом 120-130 дней (II и I группа спелости); восток – раннеспелые сорта, с вегетационным периодом 100-110 дней (0 и 00 группа спелости), укороченным периодом налив бобов – созревание, устойчивые к весенним и осенним заморозкам; север – ультраскороспелые сорта зернового направления, с вегетационным периодом 85-95 дней (00 и 000 группа спелости) [12].

Целью работы – провести анализ возможностей расширения посевных площадей сои для диверсификации агропроизводства в условиях Северного Казахстана на основе приоритизации направлений селекции.

Материалы и методы исследований

Территория Северного Казахстана простирается в пределах 49-55° с. ш. В вегетационный период продолжительность светового дня на севере территории составляет 15-17 часов, а на юге – 14-16 часов. Для растений длинного дня нормальная продолжительность освещения в сутки составляет 15-18 часов, а для растений короткого дня – 12-14 часов. Соответственно, территория Северного Казахстана подходит для роста и развития растений длинного дня. Надо отметить, что на изучаемой территории с мая по август месяц средние месячные значения продолжительности солнечного освещения (по гелиографу) составляют на севере 9-10 часов, на юге – 11-12 часов в сутки. Таким образом, в Северном Казахстане ресурсы солнечной радиации в естественных условиях достаточны для оптимальной жизнедеятельности сельскохозяйственных культур и больше подходят для растений длинного дня.

Использовали методы исследований: экономико-статистический, абстрактно-логический, графический, экспертных оценок в отношении АПК Казахстана. Материалами

послужили данные Министерства сельского хозяйства республики Казахстан, Национального бюро статистики, Агентства статистического планирования и реформ республики Казахстан, Государственного реестра селекционных достижений, рекомендованных к использованию в республике Казахстан и литературные данные.

Результаты и их обсуждение

По данным USDA в 2006 г. соя занимала 46 тыс. га, а в 2022 г. уже 125 тыс. га; при этом урожайность увеличилась с 1,7 до 2,1 т/га, что способствовало росту валового сбора с 77 до 265 тыс. т соответственно (рис. 2).

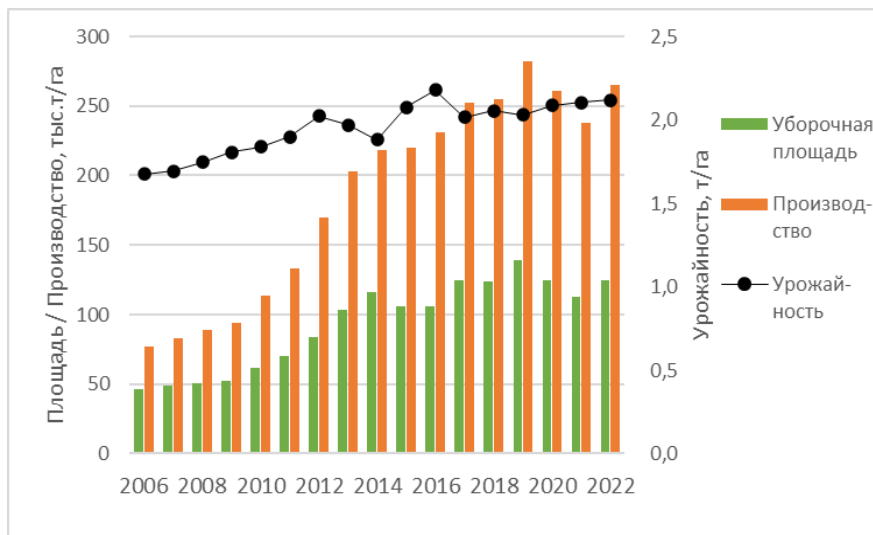


Рис. 2. Урожайность (т/га), уборочные площади (тыс. га), и валовые сборы (тыс. т) сои в республике Казахстан, 2006-2022 гг. (по данным USDA)

В Казахстане основными соесеющими регионами являются Алматинская и Восточно-Казахстанская области (юг и юго-восточные зоны). В последнее десятилетие происходит рост интереса к культуре, в основном в южных регионах страны благодаря развитию национальных селекционных программ, развитию технологий возделывания на богаре и на поливе и сравнительно высокой урожайности.

В настоящее время согласно данным Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур Министерства сельского хозяйства республики Казахстан допущено к использованию 67 сортов сои, из них: отечественной селекции – 26 сортов; российской селекции – 16 и иностранной селекции – 25 сортов соответственно.

Согласно анализу допуска сортов к использованию отмечается их экологическая направленность на основе востребованности культуры к условиям возделывания. В 36% случаев преобладает тип от очень раннего до раннего (02); в 21% случаев тип определен как раннеспелый (03). Среднеспелых сортов (06 тип) лишь 7%. Незначительная группа востребованных очень ранних (01) сортов, которых лишь 11% (рис. 3).

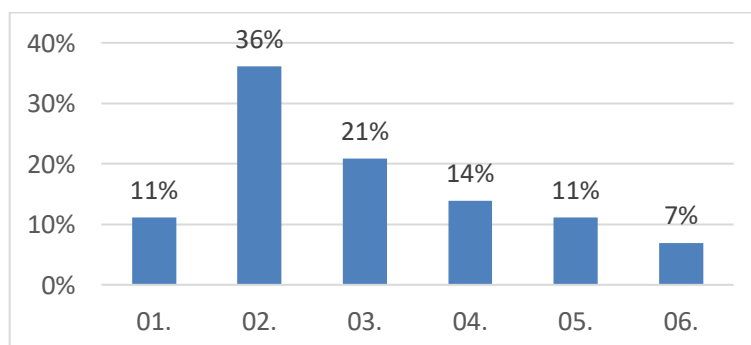


Рис. 3. Доли сортифта сои разных групп спелости, зарегистрированных в РК, шт., 2022 г.

Преобладают национальной и российской селекции (34% и 23% соответственно) (рис. 4).

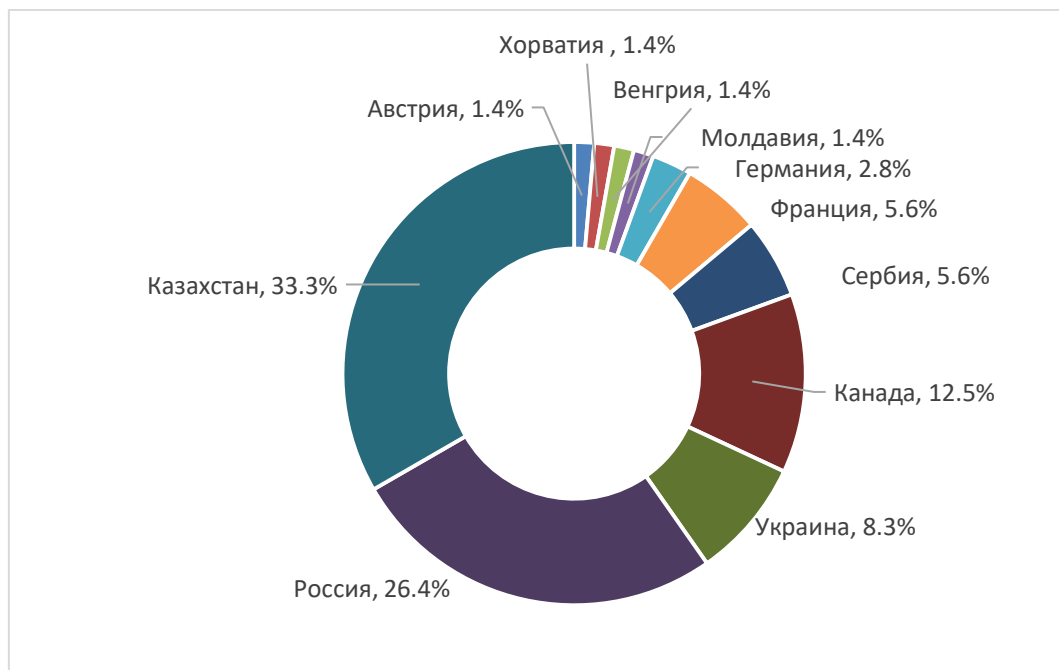


Рис. 4. Страны происхождения сортов сои, зарегистрированных в РК, 2022 г.

Сортимент «Семенс Прогрейн Инк» и украинской ООО «Прогрейн Евразия» логично рассматривать, как единый генетический пул канадской селекции (12,5% сортимента). Селекционные программы этой страны считаются наиболее эффективными глобально. В Канаде сою, как правило, не рассматривают в качестве предшествующей культуры для озимой пшеницы потому как 80% посевных площадей представлено яровыми сортами. Этот факт подразумевает, что скороспелость не является основным конкурентным преимуществом.

Существенный вклад в расширение сортимента внесли селекционеры Украины (8,3%), Сербии (5,6%), Франции (5,6%). Меньше представлено сортов из Германии, Австрии, Венгрии, Молдавии, Хорватии. Таким образом, 21 оригинатор компаний-нерезидентов зарегистрировали свои сорта сои в РК к 2022 г. Из национальных оригинаторов лидирует ТОО «Казахский НИИЗиР (18 сортов), предлагающий сортимент разных групп спелости от очень ранних (02) до среднеспелых (06) (рис. 5).



Рис. 5. Топ-10 оригинаторов нерезидентов, зарегистрировавших сорта сои в РК к 2022 г., шт.

Зона Северного Казахстана не относилась к зоне выращивания культуры до начала XXI века, однако с внедрением подхода к диверсификации культур, отказом от монокультуры (пшеницы) у сельхозтоваропроизводителей возник интерес к зернобобовым и масличным культурам, в т.ч. к сое.

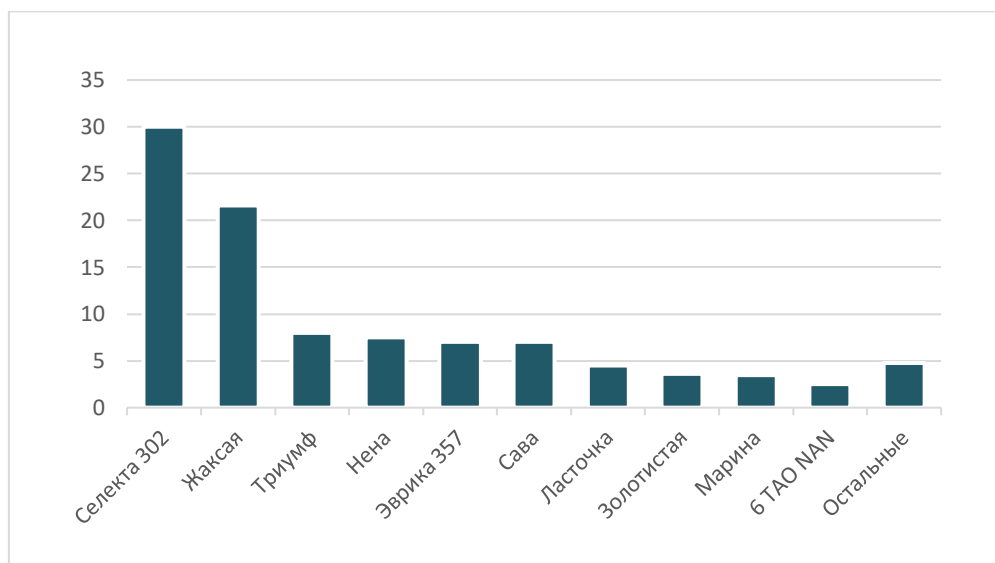


Рис. 6. Топ-10 сортов сои в республике Казахстан, тыс. га, 2022 г.

По данным Министерства сельского хозяйства республики Казахстан из 10 самых распространенных сортов сои, наибольший интерес к сорту Селекта 302, допущенному к использованию в Алматинской области (рис. 6). Селекта 302 относится к среднепоздней группе созревания. Большинство остальных сортов относятся к среднеспелой и среднепоздним группам спелости.

Выводы

1. Соя как важный источник кормового белка – перспективная культура для Казахстана, которая может занять 200-250 тыс. га и обеспечить валовой сбор 300-350 тыс. т до 2030 года;
2. С этой целью в Северном и Восточном Казахстане, как слабо увлажнённой и умеренно теплой зоне с суммой активных температур 2000-2200°C и коэффициентом увлажнения 0,8-1,0 требуется расширение сортимента сои от очень раннего (01) до раннего (02);
3. Для Южного Казахстана, как зоны с суммой активных температур до 3500°C, сухими и жаркими условиями, требуется адаптивный сортимент разных групп спелости для богарного и поливного земледелия.
4. Увеличение посевных площадей сои возможно лишь при расширении сортимента сои за счет сортов национальной селекции, адаптированных к местным условиям и устойчивых к стрессовым факторам.

Литература

1. Кипшакбаева Г.А., Гончаров С.В., Глеулина З.Т. Перспективные направления селекции сои в условиях Северного Казахстана. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – 2(46). – С. 46-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-46-58
2. Байшоланов С.С. О повторяемости засух в зерносеющих областях Казахстана // Гидрометеорология и экология. Алматы: Казгидромет, – 2010. – № 3. – С. 27-38.
3. Байшоланов С.С., Павлова В.Н., Жакиева А.Р., Чернов Д.А., Габбасова М.С. Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2018. – № 1 (367). – С. 168-184.
4. Бельшикина М.Е., Агробиологическое обоснование продукционного процесса раннеспелых сортов сои в климатических условиях Центрального района Нечерноземной зоны. Дисс...док.сельхоз.наук: – Москва., –2022. – 405 с.

5. Abugalieva S., Didorenko S., Anuarbek Sh., Volkova L., Gerasimova Ye., Sidorik I., Turuspekov Ye. Assessment of soybean flowering and seed maturation time in different latitude regions of Kazakhstan // *PLoS One*. – 2016. – Т. 11. – №. 12. – С. 166-175.
6. Qiu Cai Sheng, Stybayev G., Wang Yu Fu, Begalina A., Long Song Hua, Baitelenova A., Guo Yuan, Arystangulov S., Kang Qing Hua, Kipshakbayeva G., Zhao Xin Lin, Tussipkan D., Flax varieties experimental report in Kazakhstan in 2019 // *Journal of natural fibers*. – 2022. – Т. 19. – №. 6. – С. 2356-2365.
7. Тлеулина З.Т., Омелянюк Л.В., Кипшакбаева Г.А. Комплексная оценка сортов сои мировой селекции в условиях Северного Казахстана // *Масличные культуры*. – 2023. Вып. 1 (193). – С. 26-32.
8. Didorenko, S. V., Alenkhanovna, Z. A., Sidorik, I. V., Abuglieva, A. I., Kudaibergenov, M. S., & Iskakov, A. R. (2016). Diversification of Crop Production by Means of Spreading Soybeans to the Northern Regions of the Republic of Kazakhstan. *Biosciences biotechnology research Asia*, 13(1), – С. 23-29.
9. Suleimenova N. et al. A resource conservation technology for adapting argroecosystems to the new natural conditions of a warming climate in South-Eastern Kazakhstan // *OnLine Journal of Biological Sciences*. – 2021. – Т. 21. – №. 2. – С. 376-387.
10. Didorenko S. V. et al. Monitoring quality and yield capacity of soybean varieties during the creation of various ecotypes in Kazakhstan // *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*. – 2021. – Т. 43. – №. 3. – С. 558-568.
11. Yerzhebayeva R. et al. Marker-Assisted Selection for Early Maturing E Loci in Soybean Yielded Prospective Breeding Lines for High Latitudes of Northern Kazakhstan // *Biomolecules*. – 2023. – Т. 13. – №. 7. – 1146 с.
12. <https://kazniizr.kz>

References

1. Kipshakbaeva G.A., Goncharov S.V., Tleulina Z.T. Perspektivnye napravleniya seleksii soi v usloviakh Severnogo Kazakhstana. *Zernobobovye i krupyanye kultury*. 2023; 2(46):P.46-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-46-58
2. Baisholanov S.S. O povtoryaemosti zasuh v zernoseiushih oblastyakh Kazakhstana // *Gidrometeorologia i ekologiya*. Almaty: Kazgidromet, 2010. № 3. Pp. 27-38.
3. Baisholanovs.S., Pavlovav.N., Jakievaa.R., Chernovd.A., Gabbasovam.S. Agroklimaticheskie resursy Severnogo Kazakhstana // *Gidrometeorologicheskie issledovania i prognozy*. 2018. № 1 (367). Pp. 168-184.
4. Belyshkinam.E., Agrobiologicheskoe obosnovanie produkcionnogo prosesa rannespelyh sortov soi v klimaticheskih usloviakh sentralnogo raiona nechernozemnoi zony. *Diss...dok.selhoz.nauk.*, Moscow, 2022, 405 p.
5. Abugalieva S. , Didorenko S. , Anuarbek Sh. , Volkova L. , Gerasimova Ye. , Sidorik I. , Turuspekov Ye. Assessment of soybean flowering and seed maturation time in different latitude regions of Kazakhstan // *PLoS One*. – 2016. – V. 11. – №. 12. – Pp.166-175.
6. Qiu Cai Sheng, Stybayev G., Wang Yu Fu, Begalina A., Long Song Hua, Baitelenova A., Guo Yuan, Arystangulov S., Kang Qing Hua, Kipshakbayeva G., Zhao Xin Lin, Tussipkan D., Flax varieties experimental report in Kazakhstan in 2019 // *Journal of natural fibers*. – 2022. – V. 19. – №. 6. – Pp. 2356-2365.
7. Tleulina Z.T., Omelyanuk L.V., Kipshakbaeva G.A. Kompleksnaia osenka sortov soi mirovoi seleksii v usloviakh Severnogo Kazakhstana // *Maslichnye kultury*. 2023. 1 (193). Pp. 26-32
8. Didorenko, S. V., Alenkhanovna, Z. A., Sidorik, I. V., Abuglieva, A. I., Kudaibergenov, M. S., & Iskakov, A. R. (2016). Diversification of Crop Production by Means of Spreading Soybeans to the Northern Regions of the Republic of Kazakhstan. *Biosciences biotechnology research Asia*, 13(1), Pp.23-29.
9. Suleimenova N. et al. A resource conservation technology for adapting argroecosystems to the new natural conditions of a warming climate in South-Eastern Kazakhstan // *OnLine Journal of Biological Sciences*. – 2021. – V. 21. – №. 2. – Pp. 376-387.
10. Didorenko S. V. et al. Monitoring quality and yield capacity of soybean varieties during the creation of various ecotypes in Kazakhstan // *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*. – 2021. – V. 43. – №. 3. – Pp. 558-568.
11. Yerzhebayeva R. et al. Marker-Assisted Selection for Early Maturing E Loci in Soybean Yielded Prospective Breeding Lines for High Latitudes of Northern Kazakhstan // *Biomolecules*. – 2023. – V. 13. – №. 7. – Pp. 1146.
12. <https://kazniizr.kz>

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА СТРУКТУРУ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ УРОЖАЙНОСТЬ СОИ

А.В. ПАРАМОНОВ, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0001-6271-4453,

E-mail: alexandr191914@mail.ru

А.А. КОЗЛОВ, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0003-0290-0398,

E-mail: kozlov86@bk.ru

Б.В. РОМАНОВ, кандидат биол. наук, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584,

E-mail: triticumrbw@mail.ru

Р.А. ГУЛЕНОК, ORCID ID: 0000-0002-8275-6738

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР, РАССВЕТ,
РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Исследования проведены в приазовской зоне Ростовской области. Объектами исследований были 18 сортов сои отечественной и зарубежной селекции. Исследовано влияние метеорологических условий приазовской зоны Ростовской области на биологическую урожайность различных сортов сои, формируемые ими число зёрен на растении, крупность семян, среднюю высоту растения. По результатам проведенной математической обработки полученных данных трехлетних исследований, выявлены сорта сои наиболее приспособленные к климатическим условиям в зоне проведения закладки опытов. Установлено, что наибольшую биологическую урожайность формировали сорта сои обладавшие одновременно средней по силе корреляцией данного показателя с ГТК и средней температурой воздуха вегетационного периода Селекта 201 и Свапа. Выделены сорта, обладающие низкой зависимостью величины сбора зерна с единицы площади от значений ГТК (Белгородская 7) и средней температуры воздуха вегетационного периода (Белгородская 8). Включение этих сортов в селекционный процесс будет способствовать получению нового исходного материала, имеющего широкие рамки пластичности к метеорологическим условиям юга России.

Ключевые слова: соя, урожайность, сумма осадков, гидротермический коэффициент, средняя температура воздуха.

Для цитирования: Парамонов А.В., Козлов А.А., Романов Б.В., Гуленок Р.А. Влияние метеорологических показателей на структуру и биологическую урожайность сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):42-49. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-42-49

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL INDICATORS ON THE STRUCTURE AND BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF SOYBEANS

A.V. Paramonov, A.A. Kozlov, B.V. Romanov, R.A. Gulenok

FSBSI FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER, Rassvet, Rostov region, Russia

Abstract: *Studies were carried out in the Azov zone of the Rostov region. The objects of research were 18 varieties of soybeans of domestic and foreign breeding. The influence of the climatic conditions of the region on biological yield, the number of grains on the plant, the mass of 1000 grains and the average height of the plant have been studied. As a result of correlation and regression analysis of statistical data for three years, soybean varieties most adapted to the weather conditions of the Azov zone of the Rostov region were identified. It was established that the highest*

biological yield was formed by soybean varieties that simultaneously had the average strength correlation of this indicator with GTC and the average air temperature of the growing season of Seleкта 201 and Swapa varieties. Varieties with low dependence of grain collection value per unit area on GTC values (Belgorod 7) and average air temperature of growing season (Belgorod 8) are identified. The involvement of these varieties in the selection process will make it possible to obtain a new source material adapted to the weather conditions of southern Russia.

Keywords: soybean, yield, sum of precipitation, hydrothermal coefficient, average air temperature.

Введение

Соя привлекает к себе внимание уникальным набором веществ, входящих в состав ее зёрен. На современном этапе развития технологий растениеводства данная культура становится в один ряд с такой масличной культурой как подсолнечник. Кроме того соя является ценным источником растительного белка. Данный род сформировался на территории современного Китая более 30 веков назад, после одомашнивания дикой сои (*Glycine soja*). На сегодняшний день соя распространилась далеко за границы КНР [1].

Содержание белка в семенах сои в среднем 38-42%. Таким составом заменимых и не заменимых аминокислот в употребляемых в пищу частях растения, не обладает ни какая другая сельскохозяйственная культура. Протеин сои представляет равноценную замену белка рыбы или сельскохозяйственных животных и птицы. Кроме того белок сои обладает низкой пищевой энергетической ценностью. Соя по содержанию жиров (18-22%) входит в пятерку наиболее богатых этой группой веществ культурных растений вместе с подсолнечником, льном и рапсом. Продукты, получаемые при переработке сои, причисляют к не опасным с точки зрения экологии и поддерживающим здоровье [2, 3].

На сегодняшний день сою выращивают в 94 странах мира, почти на всех континентах земного шара. Валовой сбор зерна данной культуры увеличивается как во всем мире так и в РФ [4-6].

Получение стабильных урожаев данной культуры в условиях изменяющихся климатических условий является актуальной задачей. Ее выполнение не возможно без изучения разнородного материала, отбора образцов наиболее приспособленных к условиям все усиливающейся аридности климата и вовлечения перспективных образцов сои в селекционный процесс.

Цель исследований – изучение влияния погодных условий на урожайность и некоторые другие количественные признаки сортов сои.

Объекты и методика исследований

Опыты проводились в приазовской зоне Ростовской области в 2019-2021 гг. на опытном поле Федерального Ростовского аграрного научного центра. Объектами исследований в опытах служили 20 сортов сои российской и иностранной селекции. В качестве стандартного сорта использовался сорт Арлета. Посев сортов сои, агротехнические мероприятия по уходу за посевами проводились в соответствии с общепринятыми для данной почвенно-климатической зоны рекомендациям [9]. Посев коллекционного материала производили в оптимальные сроки ручной порционной селекционной сеялкой «Клён-1» с междурядьем 30 см. Размещение делянок – системное; повторность – трёхкратная; учётная площадь делянки – 1 м². Наблюдения, учёт урожая и его структурных элементов проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания (1989). Учёт биологического урожая сои осуществляли методом отбора снопов с последующим их обмолотом. Математическую обработку данных проводили в соответствии с методикой полевого опыта по Б.А. Доспехову (1985) с применением ПК и программы Excel, определение величины гидротермического коэффициента – по методике Г.Т. Селянинова (1977).

Результаты и обсуждение

Погодные условия в годы проведения опытов отличались разнообразием. В период проведения опытов значения гидротермического коэффициента в зависимости от длительности вегетационного периода изучаемых сортов и погодных условий находилась в

пределах от 0,4 до 0,7 (табл. 1), что соответствовало очень засушливым и засушливым условиям. Наиболее жарким и сухим был 2020 год. Средняя температура за период вегетации растений сои составила 26°C. Повышенные значения показателей температуры усугублялись не большим количеством осадков, выпавшим за данный период (127 мм).

Таблица 1

Погодные условия и средняя урожайность по опыту в годы проведения исследований

Год	Сумма активных температур, °С	Сумма осадков, мм	Средняя температура, °С	ГТК	Урожайность, г/м ²
2019	2415,2	135,2	23,2	0,6	458,9
2020	2666,6	127,5	26,0	0,5	427,2
2021	2631,2	178,8	21,6	0,7	780

Их распределение носило неравномерный характер, а общее количество, выпавшее за июль, было в 4 раза меньше климатической нормы. На этом фоне ГТК вегетационного периода сои в 2020 году составил только 0,5. В сумме данные погодные условия не позволили растениям сои нормально расти и развиваться, в результате чего средняя урожайность по опыту составила только 427,2 г/м².

Наиболее благоприятным для сои был 2021 год. Количество осадков, выпавшее за период вегетации изучаемых растений было наибольшим за весь период проведения исследований и составило 178,8 мм. Характерной особенностью данного временного периода является повышенное выпадение осадков в каждом из весенних месяцев. В сумме с наиболее низкой за весь период проведения опытов средней температуре воздуха вегетационного периода (21,6°C) и ГТК равному 0,7 это позволило растениям сои сформировать наибольший урожай. В среднем по опыту данный показатель составил 780 г/м². 2019 год по основным климатическим показателям занимает промежуточное положение. Сумма активных температур вегетационного периода была наименьшей за все время проведения опытов и составила 2415,2°C. Характерной особенностью данного можно назвать избыточное увлажнение почвы в первоначальный период роста и развития растений. За май 2019 года выпало на 23,8 мм осадков больше многолетней нормы, при этом средняя температура воздуха в данном месяце была на 2,3°C больше многолетней нормы. Это позволило растениям сои быстро расти и развиваться. Однако последующая за этим засуха длившаяся два следующих месяца снизила среднюю урожайность по опыту до уровня 458,9 г/м².

Наиболее важными элементами структуры урожая, описывающими степень развития посевов зернобобовых культур, являются число растений на единицу площади посевов на момент наступления фазы уборочной зрелости, количество бобов на растении, число зерен в бобе и М₁₀₀₀. При этом количество семян в бобе и число бобов формируемом в среднем на одном растении имеют сильную положительную связь с урожаем формируемым одним растением [7].

В среднем за три года проведения исследований по биологической урожайности достоверно превысили стандартный сорт Арлета сорта Китросса, Свапа и Селекта 201. Прибавка к стандартному сорту составила 158,1-257,1г/м² (табл. 2).

Остальные сорта по данному показателю были на уровне стандарта или ниже его. При этом сорт Селекта 201 статистически не имела различий с стандартным сортом по М₁₀₀₀. Зернами наибольшей крупности обладали именно эти сорта. Сорта превысившие стандарт по биологической урожайности обладали достоверно большим числом зерен на растении, чем сорт Арлета. Так же следует обратить внимание на сорт Устя. Он не имел существенных различий по урожайности и крупности зерна с стандартным сортом, но при этом он был одним из сортов с наименьшей высотой растения (47,8 см), что делает его более устойчивым к полеганию по сравнению с другими сортами.

Таблица 2

Средние значения некоторых количественных признаков сои за период исследований

Сорт	Высота растения, см	Число зёрен на 1 растении, шт.	Биологическая урожайность, г/м ²	Масса 1000 зёрен, г
Арлета, st	73,2	67,7	554,1	178,5
Анастасія	55,9	79,4	443,1	120,7
Аннушка	56,8	77,7	451	121,4
Белгородская 7	51,1	86,7	545	131,8
Белгородская 8	51,2	94,9	545,8	123,7
Киевская 98	68,7	79,6	563,3	128,7
Китросса	55,8	83,2	712,2	170,8
Дельта	78,5	73,3	669,1	126,3
Мерлин	58	79,1	600,6	157,3
Нега 1	70,35	83,2	613,9	155,4
Припять	47,1	75,4	537,8	150,3
Самер 1	40,9	62,3	420,3	148,7
Свапа	80,4	102,6	807,8	156,2
Селекта 101	79	87,6	541,9	131,8
Селекта 201	79	94,3	811,2	179,2
Славяночка	58,2	82,7	505,3	134,2
Соер 7	47,3	70,6	434,2	130,5
Устя	47,8	82,6	634,6	162
НСР 05	15	10	157	21

Для установления факта наличия или отсутствия связи, а так же ее силы, между количеством продукции, получаемой с единицы площади посевов сои без применения механической уборки и другими исследуемыми в опытах признаками, мы рассчитали коэффициенты корреляции между ними. В таблице 3 отражены итоги расчета коэффициентов корреляции для наиболее интересных, с нашей точки зрения, сортообразцов сои.

Большая часть изучаемых нами сортов продемонстрировала наличие очень сильного влияния на биологическую урожайность таких признаков растения, как число зерен формируемых на одном растении, а так же высота растения. Коэффициент корреляции между биологической урожайностью и средней высотой растений колебался в гораздо больших пределах (от -0,43 до 0,99), нежели при вычислении данного коэффициента, между тем же показателем и крупностью зерен (от 0,15 до 0,99) или количеством семян на одном растении (от 0,8 до 0,99).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между биологической урожайностью сортов сои и некоторыми количественными признаками

Сорт	Коэффициент корреляции биологической урожайности		
	с высотой растения	с числом зёрен на растении	с массой 1000 зёрен
Китросса	0,98	0,99	0,95
Свапа	0,74	0,99	0,99
Селекта 201	-0,43	0,80	0,15
Устя	0,99	0,83	0,38
Арлета, st	0,99	0,99	0,99

Сорт лидер по урожайности Селекта 201 продемонстрировал низкую корреляцию между урожайностью и крупностью зерен – 0,15, при этом он имел сильную корреляцию между массой зерна, формируемом на 1 м² посевов и числом зерен, но более низкую чем у остальных изучаемых сортов.

С целью определения наличия или отсутствия влияния метеорологических условий на исследуемые количественные признаки принимавших участие в опытах сортов сои нами был произведен корреляционный анализ. Изменение урожайности сорта при меняющихся год от года метеорологических условиях во время вегетации растений наиболее полно характеризует пластичность сорта. Произведенный нами расчет коэффициентов корреляции между биологической урожайностью и некоторыми показателями характеризующими погодные условия вегетационного периода, позволил сделать вывод, что почти каждый изучаемый сорт имел свои особенности и нормы реакции на погодные условия в каждый год проведения исследований. У большинства сортов (табл. 4) гидротермический коэффициент (далее ГТК) оказывал сильное влияние на биологическую урожайность. Сорт Селекта 201, обладающий максимальными средними значениями данного показателя, отличался от остальных наличием средней отрицательной взаимосвязи между урожайностью и ГТК, а так же между урожайностью и суммой осадков, выпавших за вегетационный период. При этом данный сорт так же демонстрировал наличие среднее положительной взаимосвязи между биологической урожайностью и средней температурой воздуха. Сорт Свапа, не имевший статистически значимых различий от сорта Селекта 201 по формированию зерна с единицы площади, так же демонстрировал среднюю взаимосвязь по этому признаку с величиной ГТК и температурой воздуха. Он имел сильную положительную взаимосвязь данного показателя с суммой активных температур и средней температурой воздуха, среднюю с суммой осадков за вегетационный период и слабую отрицательную с величиной ГТК. Сорта Белгородская 7 и Белгородская 8 по величине биологической урожайности находились на уровне стандарта, однако каждый из них имел уникальную особенность.

Таблица 4

Влияние метеорологических условий на биологическую урожайность сортов сои, г

Сорт	Показатель вегетационного периода			
	ГТК	Сумма осадков	Средняя температура воздуха	Сумма активных температур
Дельта	0,95	0,99	-0,89	0,34
Китросса	0,96	0,95	-0,85	0,99
Нега 1	0,83	0,86	-0,71	0,98
Свапа	0,62	0,98	-0,43	0,84
Селекта 201	-0,53	-0,45	0,6	0,84
Устя	0,99	0,92	-0,99	-0,88
Арлета, st	0,99	0,99	-0,97	-0,95
Белгородская 7	-0,2	0,57	0,92	0,99
Белгородская 8	0,88	0,99	0,24	0,88

Так, величина продуктивности посевов сорта Белгородская 7 имела слабую отрицательную корреляцию с величиной ГТК (наиболее близкий к 0 показатель среди изучаемых сортов), а у сорта Белгородская 8 данный показатель имел наиболее слабую положительную корреляцию с средней температурой воздуха.

Таким образом, при селекции сои с повышенной урожайностью в условиях не устойчивого увлажнения необходимо стремиться к снижению влияния на данный показатель величины ГТК и средней температуры воздуха.

Для более точной оценки влияния погодных условий на исследуемые сорта сои нами был проведён регрессионный анализ. В зоне проведения исследований основным фактором, определяющим величину урожайности, является выпадение атмосферных осадков, в связи с

этим производился расчет зависимости биологической урожайности сортов от средней температуры воздуха вегетационного периода образцов, от значения гидротермического коэффициента, а так же от объема атмосферных осадков, выпавших за период вегетации каждого изучаемого сорта. Расчет коэффициента регрессии показал, что наибольшие величины сбора зерна с единицы площади демонстрировали сорта, на которые оказывают минимальное влияние не один, а сразу несколько метеорологических показателей. Например, величина сбора зерна с единицы площади посевов сорта Селекта 201 на 27,7% (рис. 1 а) зависела от значений гидротермического коэффициента (ГТК), на 20,4% (рис. 2а) от суммы осадков выпавших за вегетационный период сои и на 36,4% (рис. 3 а) от средней температуры воздуха.

Сорт сои Свапа, не имевший существенных различий по величине урожайности по сумме трех лет проведения исследований от сорта Селекта 201, имел иные значения данного коэффициента. Биологическая урожайность данного сорта зависела от величины ГТК на 37,9% (рис. 2 а), на 95,5% (рис. 2 б) от суммы осадков и на 18,7% (рис. 3 б) от средней температуры воздуха. Так же расчет коэффициента детерминации показал, что сбор зерна с единицы площади у сорта Белгородская 7 зависит на 0,4% от величины ГТК, а у сорта Белгородская 8 на 0,5% от средней температуры воздуха. При этом стандартный сорт Арлета имел высокие показатели коэффициента регрессии, близкие к 1, по всем изучаемым погодным показателям.

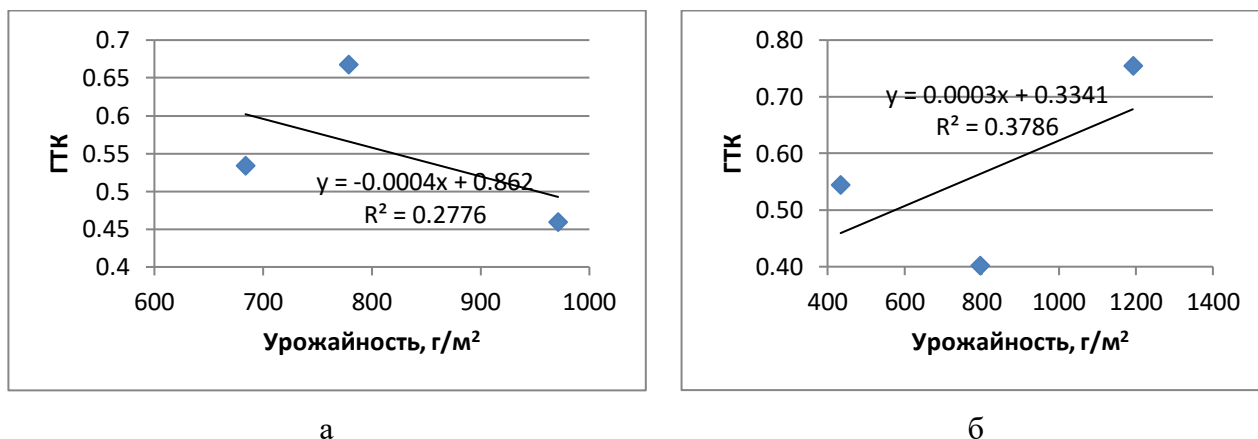


Рис. 1. Влияние ГТК на биологическую урожайность у сортов Селекта 201 (а) и Свапа (б)

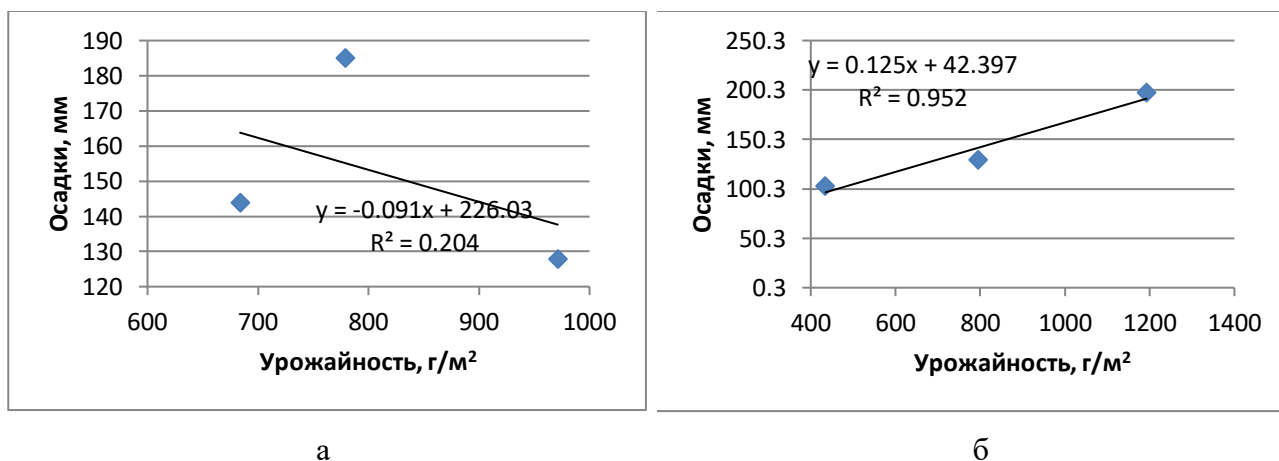


Рис. 2. Влияние суммы осадков вегетационного периода на биологическую урожайность сортов Селекта 201 (а) и Свапа (б)

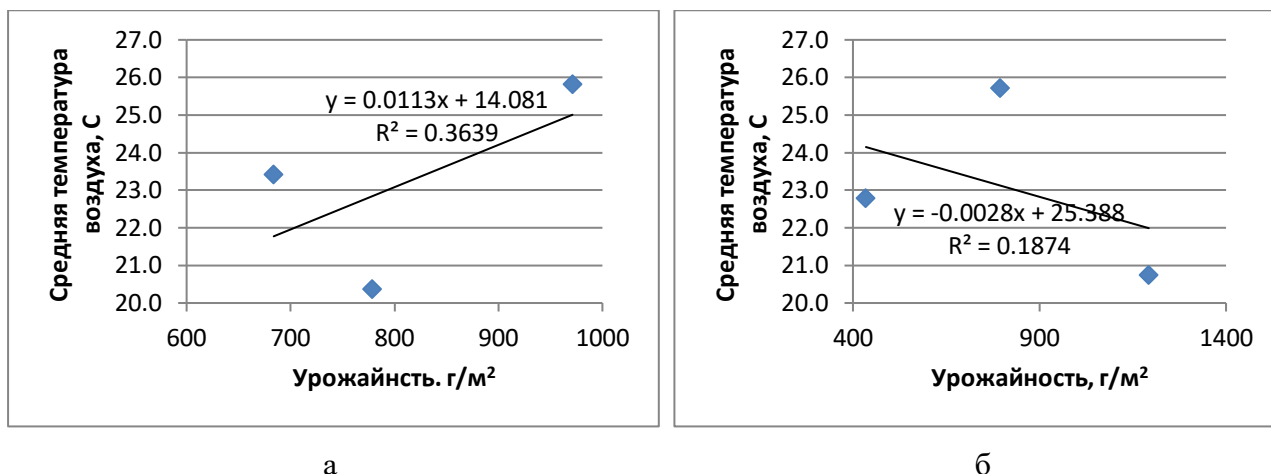


Рис. 3. Влияние средней температуры вегетационного периода на биологическую урожайность сортов Селекта 201 (а) и Свапа (б)

Другие сорта сои имевшие высокие значения зависимости урожайности от значений ГТК, количества выпавших осадков и средней температуры воздуха, так же продемонстрировали более высокие коэффициенты детерминации.

Заключение

Большинство принимавших в исследованиях сортов продемонстрировало сильную зависимость биологической урожайности от числа зерен, формируемых на одном растении и высоты растения. Наибольшую урожайность формировали сорта с максимальной высотой растения. Из изучаемых сортов сои, как наиболее приспособленные к условиям недостаточного увлажнения, по комплексу показателей выделены сорта Свапа и Селекта 201. Наиболее урожайными являются сорта имеющие среднюю по силе корреляцию не по одному, а по нескольким погодным показателям. Для снижения влияния на урожайность сои величины ГТК и средней температуры воздуха в селекционный процесс можно включать сорта Белгородская 7 и Белгородская 8. Полученные результаты могут быть использованы при подборе родительских пар для скрещиваний, при селекции новых высокопродуктивных сортов сои, предназначенных для регионов с засушливыми климатическими условиями. Для исследования реакции сортов сои на более обширный спектр климатических условий и получения уточненных данных корреляционного и регрессионного анализов необходимо продолжение данных исследований.

Литература

1. Балакай Г.Т., Селицкий С.А., Докучаева Л.М, Юркова Р.Е. Районирование территории Ростовской области по агроклиматическим подзонам для перспективных сортов сои различных групп спелости // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 3 (39). – С. 52-67. DOI 10.31774/2222-1816-2020-3-52-67.
2. Шабалдас О.Г., Пимонов К.И., Зайцев Н.И. [и др.] Реакция сортов сои различных групп спелости на абиотические факторы в условиях восточной зоны Краснодарского края // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 10. – С. 67-72. – DOI 10.28983/asj.y2021i10pp67-72.
3. Иванова И. Ю., Фадеев А. А. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 93-98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210.
4. Новикова Л.Ю. [и др.] Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, – № 6. – С.708-715.
5. Фадеева А.Н., Абросимова Т.Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 37-40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
6. Yuzbashkandi S.S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. – 2020. No. 7. – Pp. 73-87.
7. Шукис Е.Р., Мухин В.Н., Шукис С.К. Характеристика сортов сои различных групп спелости и их реакция на гидротермические условия среды // Вестник АГАУ. – 2018. – № 1 (159). – С. 23-29.
8. Dos Santos C.A.C., Neale C.M. U., Mekonnen M.M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // Theoretical and Applied Climatology. 2022. No. 147. Pp. 1379-1399.

9. Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013-2020 гг.). [Электронный ресурс]: в 3-х ч. Ч. 2 / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области. Ростов-на-Дону, – 2012: URL: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_2.docx

References

1. Balakay G. T., Selitsky S. A., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. Zoning the territory of the Rostov Region according to agroclimatic subzones for promising varieties of soybeans of various ripeness groups // *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Reclamation Problems*. - 2020. - № 3(39). - Pp. 52-67. DOI 10.31774/2222-1816-2020-3-52-67.
2. Shabaldas O. G., Pimonov K. I., Zaitsev N. I. et al. The reaction of soybean varieties of various ripeness groups to abiotic factors in the eastern zone of the Krasnodar Territory // *Agrarian Scientific Journal*. - 2021. - № 10. - Pp. 67-72. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp67-72.
3. Ivanova I. Yu., Fadeev A. A. Influence of weather conditions on soybean yield in the conditions of the Volga-Vyatka region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2020. - № 4(36). - Pp. 93-98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210.
4. L.Yu. Novikova [et al.] The influence of weather and climatic conditions on the content of protein and oil in soybean seeds in the North Caucasus // *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*. 2018. V. 22, №. 6. Pp.708-715.
5. Fadeeva A. N., Abrosimova T. N. Yield and quality of seeds of soybean varieties of various ecological and geographical origin // *Zemledelie*. 2019. № 3. Pp. 37-40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
6. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // *Environmental Processes*. 2020. No. 7. Pp. 73-87.
7. Shukis E.R., Mukhin V.N., Shukis S.K. Characteristics of soybean varieties of various ripeness groups and their reaction to hydrothermal environmental conditions // *Vestnik AGAU*. 2018. № 1 (159). S. 23-29.
8. Dos Santos C. A. C., Neale C. M. U., Mekonnen M. M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // *Theoretical and Applied Climatology*. 2022. No. 147. Pp. 1379.
9. Zonal farming systems of the Rostov region (for the period 2013-2020). [Electronic resource]: in 3 h. Part 2/Ministry of Agriculture and Food of the Rostov Region. Rostov-on-Don, 2012: URL: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_2.docx1399 <http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_%202.docx1399>.

АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ СЕВЕРНОГО ЭКОТИПА В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. МАЗАЛОВ, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: mazalov-1958@mail.ru

В.Г. НЕБЫТОВ, кандидат биологических наук, E-mail: nebuytov@yandex.ru

Е.Н. МЕРЦАЛОВ*, научный сотрудник, E-mail: motor_technik@mail.ru

ШАТИЛОВСКАЯ СХОС – ФИЛИАЛ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР
ПОС. ШАТИЛОВО

* ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЁЛ

Эксперименты выполнены в 2018-2022 гг. с целью оценки экологической адаптивности сортов сои северного экотипа Зуша, Ланцетная, Света, Осмонь, Георгия и Шатиловская 17 по урожайности и показателям качества семян для отбора лучших в условиях юго-востока Орловской области. Из сравниваемых сортов наибольшей реакцией на условия года отличились сорта Зуша ($b_i=1,47$), Свапа ($b_i=1,23$), Ланцетная ($b_i=0,98$), Георгия ($b_i=0,97$), наименьшей ($b_i=0,55$ и $0,80$) -Шатиловская 17 и Осмонь. Наибольшая стабильностью урожайности зерна при изменении погодных условий отмечена у сортов Зуша ($S_i^2=0,07$), Свапа ($S_i^2=0,01$). Сорта Шатиловская 17 и Георгия отличались меньшей стабильностью ($S_i^2=0,15$ и $S_i^2=0,12$). На юго-востоке Орловской области рекомендовано возделывание раннеспелых сортов сои северного экотипа Свапа и Зуша с учетом средней урожайности за 2018-2022 гг. – 2,36 и 2,24 т/га, содержания протеина (38% и 40%), жира (21%), оптимального сочетания параметров пластичности и стабильности, $b_i=1,23$ и $1,47$, и $S_i^2=0,01$ и $0,07$.

Ключевые слова: соя (*Glycine max* L.), сорта, пластичность, стабильность, урожайность, протеин, жир.

Для цитирования: Мазалов В. И., Небытов В. Г., Мерцалов Е. Н. Адаптивность сортов сои северного экотипа в условиях юго-востока Орловской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):50-56. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-50-56

ADAPTABILITY OF SOYBEAN VARIETIES OF THE NORTHERN ECOTYPE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHEAST OF THE OREL REGION

V. I. Mazalov, V. G. Nebytov, E. N. Mertsalov*

SHATILOVO AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION – BRANCH OF FSBSI
FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, pos. Shatilovo

*FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, OREL

Abstract: *The parameters of plasticity and yield stability, soybean varieties Zusha, Lancetnaya, Svapa, Osmon, Georgiya and Shatilovskaya 17 were studied in significantly different weather conditions in 2018-2022 in the south-east of the Orel region. Of the compared varieties, the varieties Zusha ($b_i=1,47$), Svapa ($b_i=1,23$), Lancetnaya ($b_i=0,98$), Georgiya ($b_i=0,97$) distinguished themselves the most by their reaction to the conditions of the year, the smallest ($b_i=0,55$ and $0,80$) - Shatilovskaya 17 and Osmon). The greatest stability of grain yield under changing weather conditions was noted in the varieties Zusha ($S_i^2=0,07$), Svapa ($S_i^2=0,01$). The Shatilovskaya 17 and Georgiya varieties were less stable ($S_i^2=0,15$ and $S_i^2=0,12$). In the south-east of the Oryol region, the cultivation of early-ripening soybean varieties of the northern ecotype of*

Swapa and Zusha is recommended, taking into account the average yield for 2018-2022 – 2,36 and 2,24 t/ha, protein content (38% and 40%), fat (21%), optimal combination of plasticity and stability parameters, $b_i = 1,23$ and $1,47$ and $S_i^2 = 0,01$ and $0,07$.

Keywords: soybean, varieties, plasticity, stability, yield, protein, fat.

Соя стала одной из высоко маржинальных культур во всем мире. Востребованность культуры обусловлена тем, что она не только высокобелковая, но и масличная, а также способствует накоплению азота в почве [1, 2]. Несмотря на то, что в России рост производства сои начался относительно недавно (с 2000-х гг.), доля нашей страны на мировом рынке составляет 1,4%, посевные площади под соей за 12 лет возросли в 4 раза, валовой сбор – в 6 раз [3, 4]. Развитию соевого рынка в РФ способствует возможность расширения ареала возделывания этой культуры, и, прежде всего, благодаря созданию сортов, адаптированных к определённым почвенно-климатическим условиям. Благодаря росту урожайности сои в 2020 г. производителям для выращивания 1 т семян требуется 0,6 га пашни, тогда как еще 20 лет назад этот показатель был 1 га, значительная роль в этом принадлежит сорту. На смену сортам «пионерам» приходят фотопериодически нейтральные сорта интенсивного типа с потенциальной урожайностью 3...4 т/га и содержанием сырого протеина 40...45% [5]. Однако по состоянию на начало 2022 г. в реестр селекционных достижений внесено 61% сортов отечественной селекции, но по объёмам высева в стране среди сортов лидеров 68% зарубежные и 32% отечественные.

Погодные условия Орловской области (сумма активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ в среднем 2200...2300 $^{\circ}\text{C}$) предопределили существенный рост посевной площади сои с 51,4 тыс. га в 2016 г. до 135,0 тыс. га в 2022 г. [6]. Такому росту посевов способствовало внедрение вызревающих к 1...10 сентября, устойчивых к пониженной температуре и недостатку влаги в начальный период развития, технологичных при уборке сортов сои северного экотипа с урожайностью 1,8...3,6 т/га [7, 8]. Необходимо из участвующих в экологическом сортоиспытании сортов, выделить сорта, адаптированные к условиям юго-востока Орловской области, с высокой урожайностью, незначительными ее колебаниями по годам в нестабильных погодных условиях.

Цель исследований – оценка экологической адаптивности сортов сои северного экотипа по урожайности и показателям качества семян для отбора лучших в условиях юго-востока Орловской области.

Условия, материалы и методы

Эксперименты выполняли в 2018-2022 гг. на Шатиловской СХОС, расположенной в Новодеревеньковском районе Орловской области.

Материалом для исследований были сорта сои: Ланцетная (включен в Госреестр в 2005 г., оригинаторы (ФНЦ ЗБК и Белгородский ГАУ); Свапа (2008 г., ФНЦ ЗБК); Зуша (2015 г., ФНЦ ЗБК); Георгия (2017 г., ВИМ); Осмонь (2018 г., ФНЦ ЗБК); Шатиловская 17 (2020 г., ФНЦ ЗБК) [9].

Почва опытного участка – выщелоченный тяжелосуглинистый чернозем со следующими агрохимическими показателями: $pH_{\text{KCl}} = 5,09$, содержание фосфора 6,22 мг/100 г почвы, калия – 8,34 мг/100 г почвы, (по Чирикову), гумуса – 6,06% (по Тюрину), серы – 3,2 мг/кг почвы, марганца – 7,15 мг/кг почвы, цинка – 0,26 мг/кг почвы, бора – 1,38 мг/кг почвы.

Орловская область находится в зоне распространения умеренно континентального климата. Территория области расположена на границе зон достаточного и недостаточного увлажнения. Годы исследований были контрастными по погодным условиям. Индексы условий среды (I_j), отражающие влияние года на формирование урожайности, составили: 2018 г. – 0,123; 2019 и 2020 г. – -0,143; 2021 г. – 0,523; 2022 г. – -0,360. То есть самые благоприятные условия для формирований высокой урожайности семян сои сложились в 2021 г.

Предшественник – чистый пар, повторность 3-х-кратная, учетная площадь делянки 9 м². Удобрения вносили под предпосевную культивацию в дозе N45P45K45 кг/га д. в-ва на планируемую урожайность 2 т/га. Норма высева семян – 550 тыс. шт./га.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову (1985). Параметры экологической пластичности – коэффициент регрессии (b_i) и стабильность (S_i^2) урожайности сортов рассчитывали по Эберхарту и Раселлу в редакции Пакудина с соавторами (1984), гомеостатичность (Hom) по Хангильдину (1984), компенсаторная способность $(Y_{min} + Y_{max})/2$ по А.А. Rossielle и S. Hemblin (1981) в изложении А.А. Гончаренко (2005). Содержание протеина и жира определяли на инфракрасном анализаторе *Infratec 1241*.

Результаты и обсуждение

Приоритетным направлением в производстве сои считают подбор сортов для зоны выращивания, сочетающих высокую урожайность, качество продукции, устойчивых к неблагоприятным погодным факторам [10-13]. Продолжительность вегетационного периода исследуемых сортов варьировала по годам и зависела от среднесуточной температуры воздуха и количества выпавших осадков, и достигала 95...110 суток, что соответствовало группе скороспелых сортов. Сбор семян по годам варьировал в пределах 1,6...3,3 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность сортов сои, т/га

Сорт	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средняя
Ланцетная	2,0	1,6	2,2	2,6	1,7	2,02
Свапа	2,6	2,1	2,1	3,0	2,0	2,36
Зуша	2,1	2,1	2,3	3,1	1,6	2,24
Осмось	2,5	2,3	1,9	2,5	1,8	2,20
Геоργия	2,5	2,3	2,0	2,4	1,4	2,12
Шатиловская 17	2,8	2,5	2,4	3,3	3,1	2,82
НСР ₀₅	0,9	0,5	0,7	1,7	1,0	-

Отмечена устойчивая тенденция превышения урожая по годам сорта Шатиловская 17 в 2018 г. на 0,3...0,8 т/га, 2019 г. – 0,2...0,9 т/га, 2020 г. – 0,1...0,5 т/га, 2021 г. – 0,3... 0,9 т/га, 2022 – 1,1...1,7 в сравнении сортами Зуша, Ланцетная, Свапа, Осмось и Геоργия. В 2019 г. отмечена значимая прибавка (0,9 т/га сбора семян сорта Шатиловская 17, в сравнении с сортом Ланцетная. В 2022 г. сорт Шатиловская 17 существенно превысил на 1,1...1,70 т/га по величине этого показателя сорта Ланцетная, Зуша, Осмось и Геоργия. В среднем за 5 лет наибольшую урожайность (2,82 т/га) сформировал сорт Шатиловская 17. Сбор семян сортов Свапа, Зуша, Осмось, Геоργия в среднем за 5 лет был меньше – 2,36, 2,24, 2,20 и 2,12 т/га соответственно. Наименьший урожай среди изученных сортов в среднем за 5 лет сформирован сортом Ланцетная и составил 2,02 т/га. На урожайность сортов сои существенно повлияли погодные условия. Размах варьирования сбора семян между наиболее и наименее урожайными годами для сорта Ланцетной составил – 1,0 т/га, Свапы – 1,0 т/га, Зуши – 1,5 т/га, Осмони – 0,7 т/га, Геоργии – 1,1 т/га, Шатиловской 17 – 0,9 т/га.

В 2018-2022 гг. наблюдали неустойчивую динамику колебания сбора семян сои по годам, коэффициент вариации (V) варьировал в пределах 12...22% (табл. 2).

Наименьшее значение коэффициента вариации (V) отмечено у сортов Шатиловская 17 (12%), Осмось (14 %) и Свапа (16%).

Показатели пластичности, стабильности, гомеостатичности сортов сои по годам исследования

Сорта	2018-2021 гг.						2018-2022 гг.					
	Урожайность, т/га	b_i	S_i^2	Ном	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	V, %	Урожайность, т/га	b_i	S_i^2	Ном	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	V, %
Ланцетная	2,10	1,03	0,10	11	2,1	17	2,02	0,98	0,07	10	2,1	18
Свапа	2,45	1,37	0,01	15	2,55	15	2,36	1,23	0,01	13	2,5	16
Зуша	2,40	1,30	0,09	12	2,6	17	2,24	1,47	0,07	6	2,35	22
Осмось	2,30	0,63	0,06	31	2,2	11	2,20	0,80	0,05	21	2,15	14
Геоργия	2,30	0,40	0,05	49	2,25	8	2,12	0,97	0,12	9	1,95	19
Шатиловская 17	2,75	1,28	0,01	21	2,85	13	2,82	0,55	0,15	23	2,75	12

Показатель компенсаторной способности – $(Y_{min} + Y_{max})/2$ дает оценку стрессоустойчивости сорта, определяет реакцию сорта на условия выращивания. Наиболее высокие показатели соответствия между урожайностью и факторами среды отмечены у сортов сои Шатиловская 17, Свапа и Зуша – 2,75, 2,5 и 2,35 соответственно, наименьшие у сорта Геоργия – 1,95. Показатель гомеостатичности (Ном) учитывает средний урожай по сорту и его варьирование, вызванное условиями выращивания. Наиболее высокая гомеостатичность, отмечалась у сортов Шатиловская 17 (Ном=23) и Осмось (Ном =21). Менее гомеостатичны сорта Зуша (Ном=6) и Геоργия (Ном=9). В оценке экологической пластичности и стабильности сортов, предлагают использовать показатели - коэффициент линейной регрессии, b_i , (экологическая пластичность) и дисперсии S_i^2 (экологическая стабильность). Из сравниваемых сортов в 2018-2022 гг. наибольшей реакцией на условия года отличились сорта Зуша ($b_i=1,47$), Свапа ($b_i=1,23$), Ланцетная ($b_i =0,98$), Геоργия ($b_i =0,97$). Сорта Шатиловская 17 и Осмось слабее реагировали на изменения условий среды, коэффициенты линейной регрессии были равны $b_i =0,55$ и $0,80$ соответственно. Наибольшая стабильность урожайности семян при изменении погодных условий с наименьшими значениями отмечена у сорта Свапа ($S_i^2= 0,01$), Ланцетная ($S_i^2= 0,07$), Зуша ($S_i^2= 0,07$), Осмось ($S_i^2= 0,05$). Сорта Шатиловская 17 и Геоργия отличались наименьшей стабильностью (наибольшими значением $S_i^2=0,15$ и $S_i^2= 0,12$). Наиболее существенная корреляционная связь отмечена между урожайностью и компенсаторной способностью ($r =0,91$), гомеостатичностью ($r =0,66$) а также с стабильностью ($r = 0,44$).

Сорт Геоργия по показателям экологической пластичности и гомеостатичности оказался нестабильным по годам (2018-2021 гг. и 2018-2022 гг.). Коэффициент линейной регрессии у сорта в 2018-2021 гг. составил ($b_i=0,40$) и изменялся в 2,4 раза ($b_i=0,97$) в 2018-2022 гг. Величина гомеостатичности изменялась в 5 раз, с 49 до 9. Для сорта сои Шатиловская 17 в (2018-2021 гг. и 2018-2022 гг.), отмечалось существенное в 2,2 раза снижение показателя экологической пластичности b_i с 1,28 до 0,55. В тех же сравниваемых условиях (2018-2021 гг. и 2018-2022 гг.) величины коэффициента линейной регрессии сортов Свапа и Зуша были самыми высокими ($b_i>1,0$). В (2018-2021 и 2018-2022 гг.) экологическая пластичность у сорта Свапа составила ($b_i =1,37$ и $b_i=1,23$), сорта Зуша ($b_i=1,30$ и $b_i=1,47$).

С учетом средней урожайности за 2018-2022 гг. 2,36 и 2,24 т/га с оптимальным сочетанием параметров пластичности и стабильности $b_i = 1,23$ и $b_i=1,47$ и $S_i^2 = 0,01$ и $S_i^2= 0,07$ лучшей адаптивностью урожайности к условиям Орловской области соответствовали сорта сои Свапа и Зуша.

В сравнении с урожайностью, в 2018-2022 гг. содержание протеина (= 3...5%) и жира ($V= 4...7\%$) в семенах сои были менее вариабельными (табл. 3).

Таблица 3

Содержание протеина и жира в семенах сортов сои, %

Сорта	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее	V,%
Содержание протеина							
Ланцетная	39,2	41,2	39,1	40,7	38,4	39,7	3
Свапа	38,6	39,1	35,7	40,1	37,8	38,3	4
Зуша	41,6	40,6	37,7	41,3	41,1	40,5	4
Осмось	38,8	39,5	36,0	40,3	37,3	38,4	4
Геоργия	40,2	39,0	35,5	39,9	39,8	38,9	5
Шатиловская 17	41,6	40,4	36,8	41,5	40,4	40,1	4
Содержание жира							
Ланцетная	22,8	19,1	20,8	22,3	22,7	21,5	7
Свапа	22,7	19,4	21,5	22,6	23,2	21,9	6
Зуша	21,5	20,1	21,4	21,4	22,0	21,3	3
Осмось	22,5	19,2	21,4	22,4	23,4	21,8	7
Геоργия	20,7	18,3	19,9	21,4	20,4	20,1	5
Шатиловская 17	20,7	19,0	20,0	20,7	21,4	20,4	4

Содержание протеина изменялось по годам от 35,5% у сорта Геоργия (2020 г.) до 41,6% у сортов Шатиловская 17 и Зуша (2018 г.). Наибольший размах в содержании протеина в семенах (разность между максимальным и минимальным значениями) характерен для сортов Геоργия и Шатиловская 17 (4,7 и 4,8%). Наименьшая изменчивость в содержании протеина была у сортов Ланцетная и Зуша (2,8 и 3,9%). В среднем за 5 лет наибольшее содержание сырого протеина (40,5 и 40,1%) составило у сортов Зуша и Шатиловская 17, наименьшее (38%) у сортов Свапа, Осмось и Геоργия. Вариация содержания жира была наибольшей у сортов Ланцетная и Осмось, $V=7\%$, наименьшей, $V=3\%$ – сорта Зуша. В среднем за 5 лет содержание жира имело наибольшее значение (21,3 и 21,9%) у сортов Зуша, Ланцетная, Свапа, Осмось, меньшее (20,1-20,4) у сортов Геоργия и Шатиловская 17. Наименьшей межсортовой изменчивостью колебаний в содержании жира в зерне сои (1,4%) характеризовался сорт Зуша.

Не менее важным показателем при оценки сортов, пригодных для возделывания в условиях юго-востока Орловской области, считают сбор белка с единицы площади. Сбор белка у изучаемых сортов варьировал от 0,82 до 1,13 т/га (рис. 1).

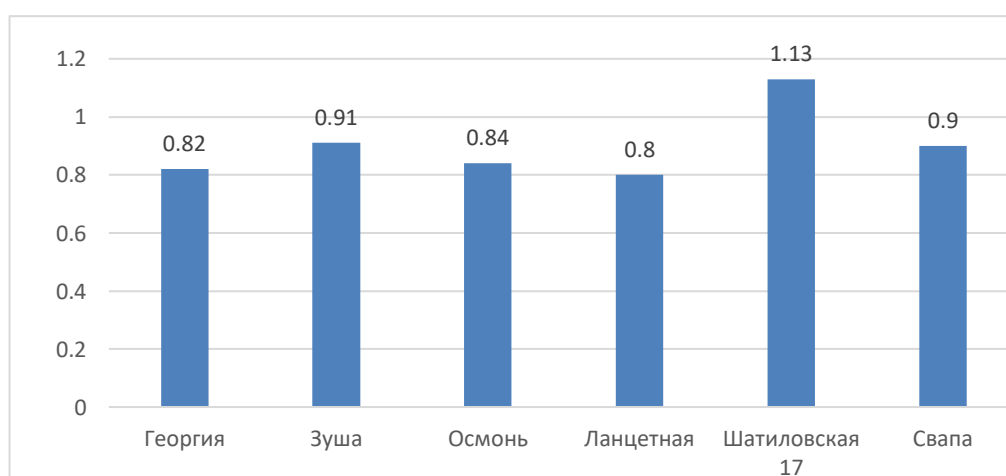


Рис. 1. Сбор белка (т/га) изучаемых сортов (среднее за 2018-2022 гг.)

В среднем за годы исследований наибольший сбор белка с единицы площади составил 1,13 т/га у сорта Шатиловская 17, а также у сортов Зуша - 0,91 т/га и Свапа – 0,90 т/га.

Наименьшим он был у сорта Георгия – 0,82 т/га и сорта Ланцетная – 0,80 т/га, что обусловлено, низкой урожайностью

Заключение

Таким образом, по годам исследования отмечена неустойчивая динамика варьирования урожайности семян сортов сои, $V=12...22\%$. Размах варьирования сбора семян между наиболее и наименее урожайными годами для сорта Ланцетная составил – 1,0 т/га, Свапы – 1,0 т/га, Зуши – 1,5 т/га, Осмони – 0,7 т/га, Георгии – 1,1 т/га, Шатиловской 17-0,9 т/га. В среднем за 5 лет наибольшей урожайностью (2,82 т/га) характеризовался сорт Шатиловская 17, меньшей – 2,36 и 2,24 т/га Свапа и Зуша, самой низкой (2,0 т/га) – Ланцетная. Наилучшей адаптивностью к условиям юго-востока Орловской области с учётом средней 5-летней урожайности – 2,36 и 2,24 т/га, содержания протеина (38% и 40%), жира (21%), сочетания параметров пластичности и стабильности, $b_i = 1,23$ и $1,47$, и $S_i^2 = 0,01$ и $0,07$ отмечались сорта сои Свапа и Зуша. Увеличению сбора растительного белка будет способствовать возделывание в условиях юго-востока Орловской области сортов Шатиловская 17 (1,13 т/га), Зуша (0,91 т/га) и Свапа (0,90 т/га).

Литература

1. Polukhin A. A., Panarina V. I. Financial risk management for sustainable agricultural development based on corporate social responsibility in the interests of food security // *Risks*. 2022. Vol. 10. No. 1. P. 10-25.
2. Golovina E.V. Symbiotic nitrogen fixation of northern ecotype soybean varieties cultivated in the conditions of the central black earth region // *Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security. Conference proceedings. «Lecture Notes in Networks and Systems»*. Switzerland: Springer Nature Switzerland (Zug), 2022. P. 101-112.
3. Polukhin A. A., Klimova D. P., Panarina V. I. Quality management in the foodmarket for sustainable development based on industrial and manufacturing engineering in the age of digital economy // *International Journal for Quality Research*. 2021. Vol. 15. No. 4. P. 1159-1178.
4. Zubareva K. Y., Tychinskaya I. L., Polukhin A. A. Joint use of inoculants with disinfectants is an essential element in intensive technologies of soybean cultivation // *Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security. Conference proceedings. «Lecture Notes in Networks and Systems»*. Switzerland: Springer Nature Switzerland (Zug), 2022. P. 231-239.
5. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Матвейчук П. В. Продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы и сои в ООО «Дубовицкое» // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 1 (33). – С. 92-98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11162
6. Головина Е. В., Зеленов А. А., Беляева Р. В. Физиологические механизмы формирования продуктивности и адаптивности у сортов сои в контрастных метеорологических условиях // *Земледелие*. – 2019. – № 4. – С. 29-32.
7. Головина Е. В., Зеленов А. А. Физиологические особенности сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР // *Аграрная наука*. – 2020. – № 11-12. – С. 89-96.
8. Зайцев Н. И., Бочкарёв Н. И., Зеленцов С. В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения // *Масличные культуры*. – 2016. – № 2 (166). – С. 3-11.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2022. – 646 с.
10. Сихарулидзе Т. Д., Храмой В. К., Демьяненко М. В. Экологические испытания скороспелых сортов сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // *Земледелие*. – 2012.- №1. – С. 47-48.
11. Казарина А. В., Казарин В. Ф., Атакова Е. А. Оценка урожайности и параметров адаптивности новых сортов сои в неорошаемых условиях лесостепи Самарского Заволжья // *Успехи современного естествознания*. – 2018. – № 12. – С. 54-57.
12. Белявская Л. Г. Белявский Ю. В., Диянова А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 4 (28). – С. 42-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048
13. Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Агроэкологическая оценка новых линий сои селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 6 (66). – С. 7–11. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-7-11.

References

1. Polukhin A. A., Panarina V. I. Financial risk management for sustainable agricultural development based on corporate social responsibility in the interests of food security // *Risks*. 2022. Vol. 10. No. 1. P. 10-25.
2. Golovina E.V. Symbiotic nitrogen fixation of northern ecotype soybean varieties cultivated in the conditions of the central black earth region // *Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security. Conference proceedings. «Lecture Notes in Networks and Systems»*. Switzerland: Springer Nature Switzerland (Zug), 2022. P. 101-112.

3. Polukhin A. A., Klimova D. P., Panarina V. I. Quality management in the foodmarket for sustainable development based on industrial and manufacturing engineering in the age of digital economy // *International Journal for Quality Research*. 2021. Vol. 15. No. 4. P. 1159-1178.
4. Zubareva K. Y., Tychinskaya I. L., Polukhin A. A. Joint use of inoculants with disinfectants is an essential element in intensive technologies of soybean cultivation // *Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security*. Conference proceedings. «Lecture Notes in Networks and Systems». Switzerland: Springer Nature Switzerland (Zug), 2022. P. 231-239.
5. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Matvejchuk P. V. Produktivnost' i kachestvo zerna sortov ozimoy pshenicy i soi v OOO «Dubovickoe» // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020. № 1 (33). S. 92-98.
6. Volovina E. V., Zelenov A. A., Belyaeva P. V. Fiziologicheskie mekhanizmy formirovaniya produktivnosti i adaptivnosti u sortov soi v kontrastnyh meteorologicheskikh usloviyah // *Zemledelie*. 2019. № 4. S. 29-32.
7. Volovina E. V., Zelenov A. A. Fiziologicheskie osobennosti sortov soi severnogo ekotipa, vzdelyvaemyh v usloviyah CCHR // *Agrarnaya nauka*. 2020. № 11-12. S. 89-96.
8. Zajcev N. I., Bochkaryov N. I., Zelencov S. V. Perspektivy i napravleniya selekcii soi v Rossii v usloviyah realizacii nacional'noj strategii importozameshcheniya // *Maslichnye kul'tury*. 2016. №2 (166). S. 3-11.
9. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. T.1. «Sorta rastenij» (oficial'noe izdanie). M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2022. 646 s.
10. Siharulidze T. D., Hramoj V. K., Dem'yanenko M. V. Ekologicheskie ispytaniya sortov skorospelyh sortov soi v usloviyah Central'nogo rajona Nechernozemnoj zony // *Zemledelie*. 2012. №1. S. 47-48.
11. Kazarina A. V., Kazarin V. F., Atakova E. A. Ocenka urozhajnosti i parametrov adaptivnosti novyh sortov soi v neoroshayemyh usloviyah lesostepi Samarskogo Zavolzh'ya // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. – 2018. – № 12. – S. 54-57.
12. Belyavskaya L. G. Belyavskij YU. V., Diyanova A. A. Ocenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov soi // *Nauchno-proizvodstvennyj zhurnal «Zernobobovye i krupyanye kul'tury»*. 2018. №4 (28). S. 42-48.
13. Ashiev A. R., Habibullin K. N., Skulova M. V. Agroekologicheskaya ocenka novyh linij soi selekcii FGBNU «ANC «Donskoj» // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2019. № 6(66). S. 7-11. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-7-11.

ВЫЯВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПО ДАННЫМ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И В ДИНАМИКЕ ИНДЕКСОВ ОТРАЖЕНИЯ НА СОЕ

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

С.Д. ВИЛЮНОВ, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-7373-5951

Н.И. ЗАХАРОВА*, младший научный сотрудник ORCID ID:0000-0001-9035-0247

С.В. КИРЮХИН, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID:0009-0001-6177-4988

С.О. ГУРИНОВИЧ, старший научный сотрудник

А.В. МЕШКОВ*, магистр

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

*ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ

E-mail: office@vniizbk.ru

В статье изложены результаты изучения селекционного материала по трехлетним данным структурного анализа растений сои, взаимосвязи селекционных признаков между собой и их корреляционная динамика с различными индексами отражения (NDVI, NDRE, ClGreen, GNDVI, MCARI) на полях ФНЦ ЗБК в течение вегетационного периода. Подтверждена высокая стабильность проявления признаков, связанных с сортом: масса 1000 зерен и содержание протеина и жира в зерне. Признаки высоты и количества ветвей на растении имели среднюю корреляционную связь у сортов по годам. Другие изучаемые структурные показатели продемонстрировали слабый уровень сцепления у сортообразцов между годами. Отмечено, что у исследуемых сортообразцов, имеющих стабильные по годам проявления признаков, имелась слабая или очень слабая корреляция этих характеристик между собой. И наоборот, нестабильно проявляющиеся по годам признаки зачастую имели высокую корреляционную зависимость друг с другом. Визуальный анализ динамики изменения корреляционной связи показателей структурного анализа и индексов отражения показал, что в течение вегетации растений сои происходит плавное изменение значений характеризующих связь. Просматривается одинаковая динамика корреляции признаков, имеющих высокую сцепленность между собой и по годам. Для структурных показателей, стабильно проявляющих корреляционную связь по годам, можно выделить две оптимальные фазы фиксируемых различными вегетационными индексами – V-3/V-4 и R-1. В это время изученные структурные показатели имеют наибольшие (наименьшие) корреляционные связи с индексами отражения. Все исследуемые вегетационные индексы показали снижение корреляционной связи с урожайностью в процессе развития и созревания растений сои. В то же время, качество зерна (жир и протеин) отмечается индексом MCARI в фазу цветения, когда он имеет наибольшие средние показатели корреляции.

Ключевые слова: соя, вегетационные индексы, селекционный процесс, структурный анализ, корреляционный анализ.

Для цитирования: Мартынов М.А., Вилюнов С.Д., Захарова Н.И., Кирюхин С.В., Гуринович С.О., Мешков А.В. Выявление корреляционных закономерностей по данным структурного анализа и в динамике индексов отражения на сое. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):57-64. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-57-64

IDENTIFICATION OF CORRELATION PATTERNS IN STRUCTURAL ANALYSIS DATA AND IN THE DYNAMICS OF SOYBEAN REFLECTION INDICES

M.A. Martynov, S.D. Vilyunov, N.I. Zakharova*, S.V. Kiryukhin, S.O. Gurinovich, A.V. Meshkov*

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: *The article presents the results of the study of breeding material on three-year data of structural analysis of soybean plants, interrelations of breeding traits among themselves and their correlation dynamics with different indices of reflection (NDVI, NDRE, CIGreen, GNDVI, MCARI) on the fields of FSC LGC during the growing season. High stability of manifestation of traits associated with the variety was confirmed: weight of 1000 grains and protein and fat content in grains. The traits of height and number of branches on the plant had an average correlation between varieties by years. Other structural indices studied showed a weak level of cohesion among varieties between years. It was noted that the studied varietal samples, having stable by year manifestations of traits, had weak or very weak correlation of these characteristics among themselves. Conversely, traits that were unstable across years often had high correlations with each other. Visual analysis of the dynamics of changes in the correlation relationship of structural analysis indicators and reflection indices showed that during the vegetation of soybean plants there is a smooth change in the values characterizing the relationship. The same dynamics of correlation of traits with high cohesion between each other and by years is observed. For structural indices that stably show correlation relationship by years, two optimal phases fixed by different vegetation indices can be distinguished – V-3/V-4 and R-1. At this time, the studied structural indices have the highest (lowest) correlations with reflection indices. All studied vegetation indices showed a decrease in correlation with yield during development and maturation of soybean plants. At the same time, grain quality (fat and protein) is marked by MCARI index in flowering phase when it has the highest average correlation values.*

Keywords: soybean, vegetation indices, breeding process, structural analysis, correlation analysis.

Введение

Соя принадлежит к стратегическим культурам. Она является одним из основных источников белка и масла, используемых для производства продуктов питания. Производство сои характеризуется высокой концентрацией в отдельных странах. На долю трех ведущих производителей (Бразилия, США, Аргентина) приходится около 70% посевных площадей и более 80% её валового сбора. Главной причиной высокой урожайности сои на территории лидеров является не тотальное внедрение ГМО-сортов и No-till технологий, а благоприятные климатические условия с тёплым и продолжительным вегетационным периодом и почти идеальным для сои распределением осадков в летний период. Так, соевый пояс США преимущественно расположен на широтах 35-46°, и частично в субтропическом поясе. Практически во всей этой зоне пик осадков приходится на летние месяцы. При этом даже в самых неблагоприятных условиях суммы месячных осадков там, как правило, превышают 60 мм и в июле, и в августе [1].

Площади посевов сои в Российской Федерации увеличиваются с каждым годом, существенный скачок произошел в 2017–2018 годах, с внедрением новых сортов, а также в 2020 году, с запуском федерального проекта «Экспорт продукции АПК», в рамках которого 39 субъектов России получили государственную поддержку, направленную на стимулирование производства сои и рапса. Основную долю в структуре посевных площадей сои занимает Дальний Восток. Но при этом отмечается и структурные изменения по другим регионам выращивания этой культуры. Благодаря складывающимся климатическим условиям, лидерами в Центральном Федеральном Округе по возделыванию сои становятся Белгородская, Курская и Орловская области, в которых сосредоточено 58% посевных площадей [2]. Поэтому селекция сортов сои на создание адаптированных к почвенно-климатическим условиям в широтах севернее 50°, является актуальной задачей.

Знание закономерностей влияния каждого признака на семенную продуктивность, а также изменчивости признаков в конкретной зоне возделывания позволяет выявить их ценность в селекции на продуктивность, дает возможность оценить сорта и внести изменения в практику отбора и в элементы структуры урожая при моделировании новых

сортов [3]. В настоящее время традиционные показатели структурного анализа, в оценке посевов сои расширяются различными вегетационными индексами, рассчитанных по данным аэрофотосъемки с беспилотных воздушных судов [4, 5, 6]. Получение зависимостей между мультиспектральными данными и наземными исследованиями позволяет получить новый способ оценки селекционных посевов сои [7].

Цель работы – установить корреляционную зависимость между показателями структурного анализа и в динамике проявления их связи с различными вегетационными индексами, с целью фиксирования оптимальной даты измерения для разных признаков на сое.

Материалы и методы

Закладка полевых опытов проводилась согласно методике Б.А. Доспехова (1985 г) на почвах опытного поля ФНЦ ЗБК, расположенного в Орловском районе Орловской области с предшественником чистый пар. Зяблевая вспашка проводилась в сентябре на глубину 23...25 см. Весной было проведено боронование средними боронами в два следа, культивация почвы на глубину 6...8 см с последующим прикатыванием кольчато-шпоровыми катками, предпосевная культивация на глубину 5...6 см. Посев широкорядный с междурядьями 45 см.

Почвы опытного участка – тёмно-серые лесные, тяжелосуглинистые, средне окультуренные. Содержание гумуса – 4,71%, что соответствует среднему содержанию. Почвы среднекислые $pH_{НС1}$ -4,9. Содержание подвижных форм фосфора и калия – 225,8 мг/кг (высокое содержание) и 112,2 мг/кг почвы (среднее содержание), соответственно.

Годы исследования характеризовались контрастными (различными) метеоусловиями. Погодные условия вегетационного периода 2021 г. были засушливыми (ГТК=0,83), повышенные температуры в июне-июле существенно повлияли на формирование урожая отдельных сортообразцов. Метеоусловия вегетационного периода летом 2022 г. были благоприятными для развития сои и слабо засушливыми (ГТК=1,01), однако осенний период отличался низкими температурами, вследствие чего созревание большинства сортов сои, представленных в опыте, замедлилось, а посевные качества полученных семян снизились. Погодные условия вегетационного периода 2023 г. были засушливыми (ГТК=0,74), но обильные осадки в предшествующий осенне-зимний период и весной способствовали накоплению максимального запаса влаги в почве.

Посев опытных делянок проведен в 2021 году 19 мая, в 2022 году 26 мая, в 2023 году 11 мая. Появление всходов в 2021 году было отмечено 2 июня, в 2022 году 3 июня, в 2023 году 21 мая. Норма высева – 600 тыс. всхожих семян на гектар. В статье представлены данные по 19 сортообразцам, изучаемые с 2021 по 2023 гг.

Оценка морфологических и хозяйственных признаков проводилась по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1983 г) и Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур в фазу R-8 (1975). Измерение содержания протеина и жира семян проводили на приборе Infratec 1241 Grain Analyzer.

При оптической оценке растительного покрова сои использовали квадрокоптер DJI Matrice 200 v2 с RGB камерой DJI X4S 20Mp (5472 x 3648) с трехосевым стабилизатором [8]. Полеты осуществлялись с помощью мобильного приложения DJI Pilot [9]. При помощи специального подвеса устанавливалась мультиспектральная камера MicaSense Altum с сенсором освещенности, имеющая встроенный GPS приемник. Использовался мультичастотный GNSS приемник EMLID Reach RS2. Подключение происходило к базовой станции «OREL» в Орловской области, находящейся на расстоянии менее 20 км. В 2022 году оптическая оценка производилась 16 и 28 июня, 12 и 26 июля, 11 и 24 августа. Корреляционный анализ был проведен встроенными средствами MS Excel, для 19 испытываемых сортообразцов – уровень достоверности сильной степени корреляции ($r=0,7$), составляет 99,65%, что значительно выше уровня значимости 95%, при ошибке корреляции $S_r=0,17$.

Результаты и обсуждение

В посевах 2021...2023 гг. постоянно выращивалось 19 различных по морфотипу и срокам созревания сортообразцов сои. Для исследования стабильности проявления признака в зависимости от сортообразца (генетически обусловленный признак сорта), по данным структурного анализа, был проведен корреляционный анализ числовых пар признака в образцах между годами (табл. 1).

Стабильность проявления корреляционной связи различных показателей структурного анализа 19 сортообразцов сои между годами

Показатели	2021/2022 гг.	2021/2023 гг.	2022/2023 гг.
Высота растения, см	0,65	0,76	0,46
Кол-во ветвей, шт./растение	0,46	0,46	0,66
Кол-во продуктивных узлов, шт.	-0,57	0,59	0,06
К-во бобов с растения, шт.	-0,12	-0,07	0,05
К-во семян с растения, шт.	0,06	-0,01	0,24
Масса надземной части без семян, г	0,16	-0,08	0,18
Масса семян с растения, г	0,28	0,07	0,03
Масса 1000 зерен, г	0,63	0,73	0,88
Урожайность, т/га	0,11	0,06	-0,17
Содержание протеина в зерне, %	0,80	0,74	0,82
Содержание жира в зерне, %	0,78	0,74	0,84

В нашем случае сильная или высокая ($r=0,7...0,9$) корреляция присутствует по трем признакам (масса 1000 зерен, содержание протеина в зерне и содержание жира в зерне), средняя ($r=0,3...0,7$) по двум признакам (высота растения и количество ветвей на растении). Другие показатели продемонстрировали слабую стабильность сцепления проявления признаков по годам. В то же время, анализ полученных результатов подтверждает исследования других ученых [3] о наличии достоверной положительной взаимосвязи в проявлении некоторых показателей в различных сортообразцах.

В конкретные годы эти признаки показывали совершенно другую картину взаимосвязи между собой. Стабильно проявляющие сортовую специфику признаки (табл. 1), имели слабую или очень слабую ($r<0,3$) корреляцию между собой (табл. 2). И наоборот, нестабильно проявляющиеся по годам признаки зачастую имели высокую корреляционную зависимость друг с другом (табл. 2).

Корреляционные связи различных показателей структурного анализа в годы исследования

Признаки	2021	2022	2023
Содержание жира в зерне и содержание протеина в зерне	-0,88	-0,55	-0,57
Содержание жира в зерне и масса 1000 зерен	-0,38	-0,26	-0,50
Содержание протеина в зерне и масса 1000 зерен	0,26	0,06	0,33
Высота растения и количество ветвей на растении	0,18	0,32	0,25
Количество семян с растения и количество бобов с растения	0,98	0,96	0,93
Масса надземной части без семян и количество бобов с растения	0,80	0,85	0,86
Масса семян с растения и количество бобов с растения	0,92	0,89	0,84
Масса надземной части без семян и количество семян с растения	0,79	0,88	0,84
Масса семян с растения и количество семян с растения	0,93	0,93	0,89
Масса семян с растения и масса надземной части без семян	0,93	0,91	0,94

Примечание: Все другие связи между исследуемых признаков (включая урожайность) по годам колебались между собой на уровне слабых корреляций (-0,3...0,3)

По показателям таблиц 1 и 2 можно проследить: высота растения и количество ветвей на растении хоть и имеют сортовую специфику, но между собой связано слабо, и наоборот, содержание жира и протеина имеют как сортовую специфику, так и отрицательную среднюю ($r=-0,7...-0,5$) взаимосвязь; масса 1000 семян, являясь сортовой особенностью, слабо и очень слабо ($r=0,0...0,5$) связана с содержанием белка и отрицательно слабо ($r=-0,5...-0,3$) зависит от содержания жира; количество бобов и семян на растении очень сильно ($r > 0,7$) зависит от характеристик параметров надземной массы растения сои.

В селекционном процессе испытание, браковка и отбор селекционных линий проходит в сравнении со стандартом на продуктивность и качество, но урожайность имеет слабую корреляционную связь между годами (табл. 1). Следовательно, наращивать продуктивность необходимо, отталкиваясь от комплекса признаков, присущих лучшим сортообразцам, и их проявления в конкретных климатических условиях. Для этих целей используют сопоставление параметров структурного анализа образцами с лучшими районированными сортами. Но процесс получения таких данных трудоемок и часто субъективен. В настоящее время находят применения независимые объективные методы получения цифрового материала на малых площадях селекционных делянок с помощью различных вегетационных индексов, получаемых мультиспектральными камерами [6]. С этой целью нами проведен корреляционный анализ по выявлению зависимостей между признаками структурного анализа растений сои и различными индексами вегетации (рис. 1, 2, 3, 4, 5).

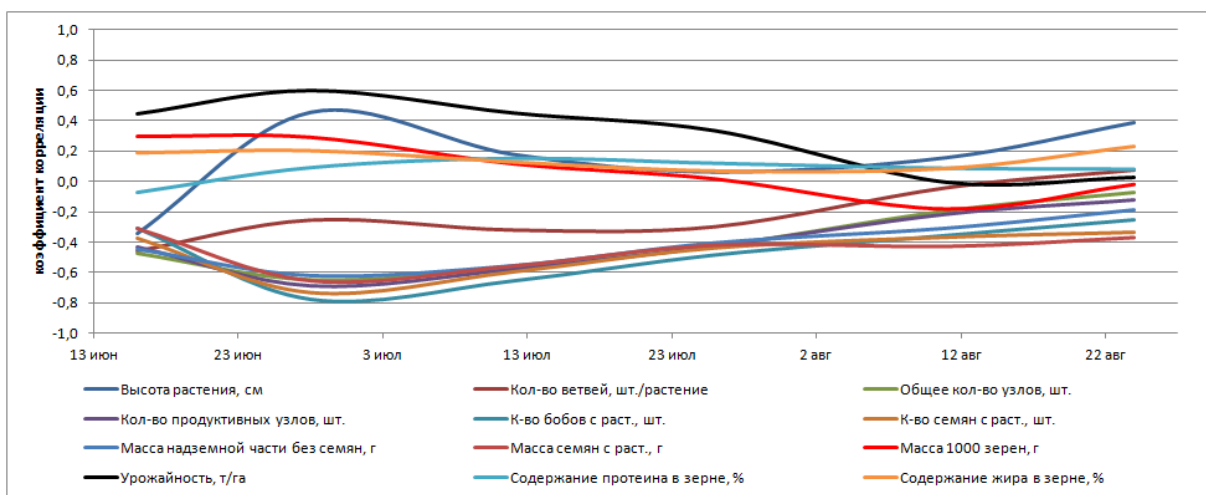


Рис. 1. Динамика изменения корреляционной связи показателя структурного анализа и вегетационного индекса NDVI, 2022 г.

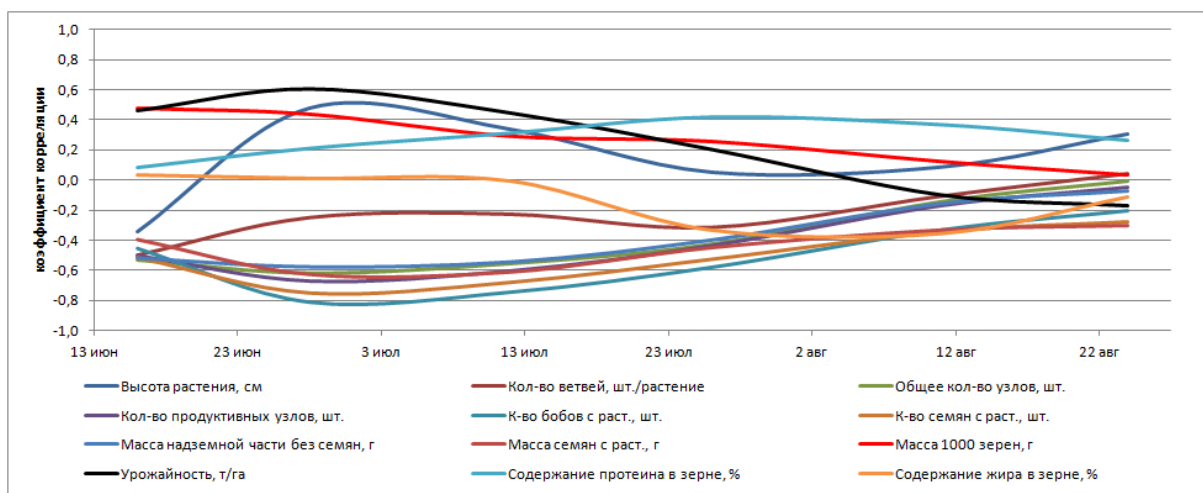


Рис. 2. Динамика изменения корреляционной связи показателя структурного анализа и вегетационного индекса NDRE, 2022 г.

Анализ визуального представления динамики изменения корреляционной связи показателей структурного анализа и вегетационных индексов дает представление, что связь признака и вегетационных индексов стабильно просматривается на всех индексах отражения. Линии признаков имеющих очень сильные корреляционные связи между собой (табл. 2) практически совпадают. Также можно проследить плавное изменение зависимости проявления признака и уровня вегетационного индекса, как в сторону усиления, так и в сторону снижения связи. Для признаков, стабильно проявляющих корреляционную связь по годам у сои, можно выделить две оптимальные фазы связанных с оптическими индексами – V-3/V-4 и R-1 (фазы выпали на временной промежуток с 23 июня по 3 июля), когда эти признаки имеют наибольшие (наименьшие) корреляционные связи с индексами отражения. Все исследуемые вегетационные индексы показали снижение корреляционной связи с урожайностью в процессе развития и созревания растений сои.

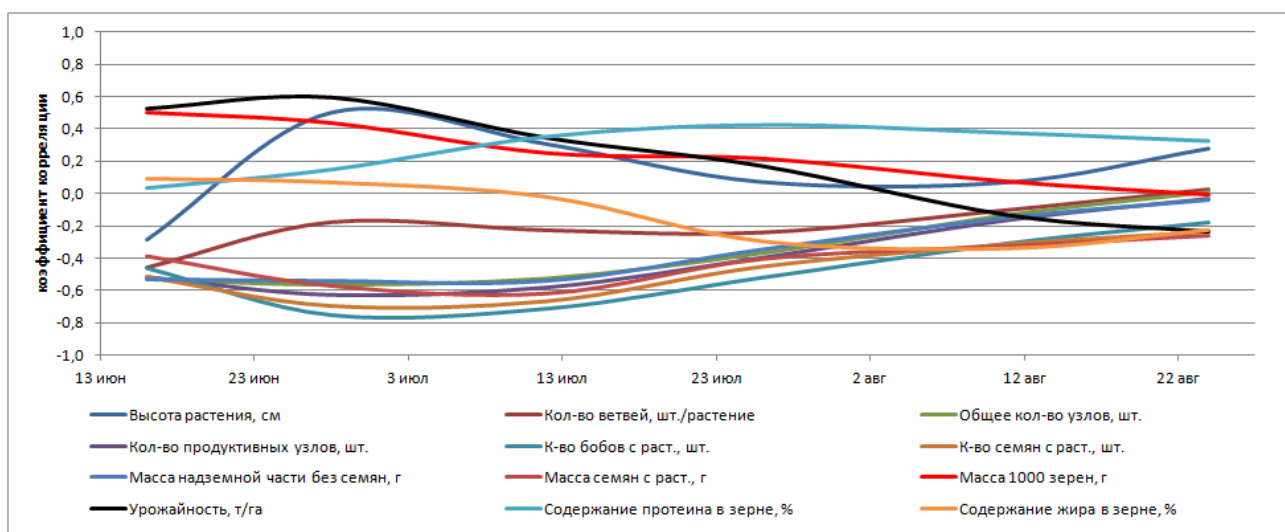


Рис. 3. Динамика изменения корреляционной связи показателя структурного анализа и вегетационного индекса *CI Green*, 2022 г.

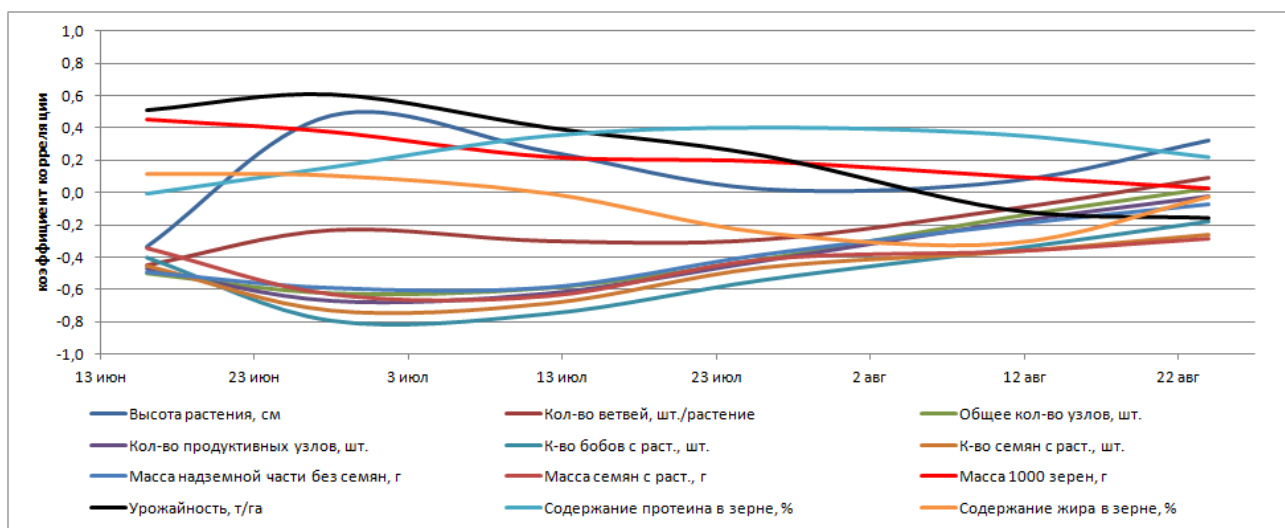


Рис. 4. Динамика изменения корреляционной связи показателя структурного анализа и вегетационного индекса *GNDVI*, 2022 г.

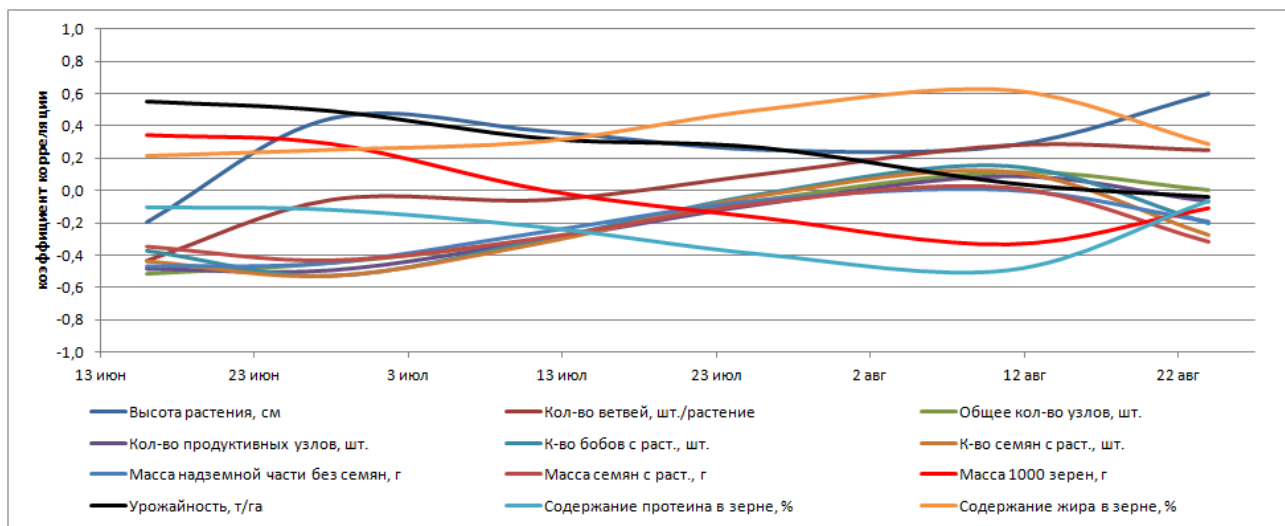


Рис. 5. Динамика изменения корреляционной связи показателя структурного анализа и вегетационного индекса MCARI, 2022 г.

Выводы

1. Сильная (высокая) корреляция в исследуемых сортообразцах присутствует по следующим признакам: масса 1000 зерен, содержание протеина и содержание жира в зерне. Отмечается средняя связь сорта и двух признаков: высота растения и количество ветвей на растение. Другие изучаемые показатели выявили слабую стабильность сцепления проявления признаков по годам.

2. Стабильно проявляющие сортовую специфику некоторые показатели, имели слабую или очень слабую корреляцию между собой. И наоборот, нестабильно проявляющиеся по годам признаки зачастую имели высокую корреляционную зависимость друг с другом. Высота растения и количество ветвей на растении хоть и имеют сортовую специфику, но между собой связано слабо, и наоборот, содержание жира и протеина имеют как сортовую специфику, так и отрицательную среднюю взаимосвязь. Масса 1000 семян, являясь сортовой особенностью, слабо и очень слабо связана с содержанием белка и отрицательно слабо зависит от содержания жира. Количество бобов и семян на растении очень сильно зависит от надземной массы растения сои.

3. Анализ визуального представления динамики изменения корреляционной связи показателей структурного анализа и вегетационных индексов дает представление, что связь признака и вегетационных индексов стабильно просматривается на всех индексах отражения и в течение вегетации растений сои, – происходит плавное изменение значений характеризующих связь. Все исследуемые вегетационные индексы показали снижение корреляционной связи с урожайностью в процессе развития и созревания растений сои. В тоже время качество зерна (жир и протеин) отмечается индексом MCARI в фазу цветения, когда он имеет наибольшие средние показатели корреляции. Просматривается одинаковая динамика корреляции признаков имеющих высокую сцепленность между собой и по годам

4. Для признаков, стабильно проявляющих корреляционную связь по годам у сои, можно выделить две оптимальные фазы связанных с вегетационными индексами – V-3/V-4 и R-1, когда эти признаки имеют наибольшие (наименьшие) корреляционные связи с индексами отражения.

5. Применение индексов отражения, имеющих динамику изменения корреляционной связи лучших, или соответствующую лучшим адаптированным к зоне сортам, позволит выявлять образцы для дальнейшей селекции.

Литература

1. Зайцев Н.И., Бочкарёв Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 3–11.
2. Зотиков В.И., Вилунов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России. Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – №25(4). – С.381-387. DOI 10.18699/VJ21.041
3. Катюк А.И., Булатова К. А. Корреляционная взаимосвязь признаков семенной продуктивности у коллекционных сортов сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 2-3(82). – С. 609-613.
4. Kurbanov R., Panarina V., Polukhin A. [et al.] Evaluation of Field Germination of Soybean Breeding Crops Using Multispectral Data from UAV // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, №. 5. – P. 1348. – DOI 10.3390/agronomy13051348.
5. Степанов А.С., Асеева Т.А., Дубровин К.Н. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 01 (192). – С. 10–19. – DOI : 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.
6. Вилунов С.Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальцев А.А. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3(43). – С.73-83. – DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83
7. Kurbanov R. Zakharova N. Justification and selection of vegetation indices to determine the early soybeans readiness for harvesting // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021, Rostov-on-Don, 24-26 февраля 2021 года. Vol. 273. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, – 2021. – P. 01008.
8. Курбанов Р.К., Захарова О.М. Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67. – № 1 (38). – С. 93-98.
9. Курбанов Р.К. Алгоритм расчета времени полета беспилотного воздушного судна для проведения аэросъемки // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 35-40.

References

1. Zaitsev N.I., Bochkarev N.I., Zelentsov S.V. Prospects and directions of soybean breeding in Russia under the conditions of implementation of the national strategy of import substitution // *Maslichnye kul'tury*. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. - 2016. - Iss. 2 (166). - Pp. 3-11.
2. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Modern breeding of legumes and groat crops in Russia. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*. 2021;25(4):381-387. DOI 10.18699/VJ21.041
3. Katyuk A.I., Bulatova K. A. Correlation interrelation of seed productivity traits in collection soybean varieties in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. - 2018. - V. 20, № 2-3(82). - Pp. 609-613.
4. Kurbanov R., Panarina V., Polukhin A. [et al.] Evaluation of Field Germination of Soybean Breeding Crops Using Multispectral Data from UAV // *Agronomy*. - 2023. - Vol. 13, No. 5. - P. 1348. - DOI 10.3390/agronomy13051348.
5. Stepanov A.S., Aseeva T.A., Dubrovin K.N. Influence of climatic characteristics and NDVI vegetation index values on soybean yield (on the example of Primorsky Krai districts)// *Agrarnyi vestnik Urala*. 2020. No 01 (192). Pp. 10–19. DOI : 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.
6. Vilyunov S.D., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Mal'tsev A.A. Application of vegetation indices in breeding winter soft wheat. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022; 3(43):73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83
7. Kurbanov R. Zakharova N. Justification and selection of vegetation indices to determine the early soybeans readiness for harvesting // E3S Web of Conferences : 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021, Rostov-on-Don, 24-26 02 2021. Vol. 273. - Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. - P. 01008.
8. Kurbanov R.K., Zakharova O.M. Recommendations for pre-flight preparation of UAVs // *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. - 2020. - Vol. 67, № 1(38). - Pp. 93-98.
9. Kurbanov R.K. Algorithm for calculating the flight time of an unmanned aircraft for aerial surveys // *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii*. - 2023. - Vol. 17, № 1. - Pp. 35-40.

ЗАЩИТА ФАСОЛИ ОТ СЕМЕННОЙ И ПОЧВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА ЦЧО

Г.А. БУДАРИНА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID: 0009-0000-9882-5278,

М.П. МИРОШНИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

E-mail: budarinagalina61@mail.ru

*Представлены результаты двухлетних исследований по изучению роли протравливания семян в защите нового сорта фасоли Маркиза от семенной и почвенной инфекции и формировании урожайности в условиях севера ЦЧО. Методом фитозащиты и проведения учетов в период вегетации определена биологическая эффективность протравителя и биопрепаратов против основной группы патогенной (*Fusarium spp.*), апротрофной (*Alternaria spp.*, *Miscor spp.*, *Penicillium spp.*) микрофлоры семян и корневых гнилей фасоли. За два года исследований выявлена максимальная (100%) биологическая эффективность против грибной инфекции семян предпосевной обработки фасоли протравителем Тирада, СК в полной рекомендуемой (на бобовых культурах) и высокая (94,7; 98,2%) в сниженной на 50,0% норме применения в сочетании с биопрепаратами Витаплан, СП и Трихоцин, СП. Данные приемы в среднем на 4,5-8,0% повышают энергию прорастания, на 11,6-18,6% – полевую всхожесть, на 48,7-41,4% снижают бактериоз всходов, на 5,4-11,5% сохраняют урожайность.*

Показана эффективность (73,3%) и возможность применения биопрепаратов Витаплан, СП и Трихоцин, СП для обработки семян фасоли при условии низкого и среднего уровня их зараженности патогенными видами грибов и плесневением.

Отражены результаты по определению эффективности комплексного применения протравителей с биопрепаратами против корневых гнилей фасоли. Обработка семян в день посева Витапланом, СП, 30 г/т и Трихоцином, СП, 30 г/т в сочетании с заблаговременным протравливанием сниженной вдвое (1,0л/т) нормой фунгицида Тирада, СК не значительно (эфф. 59,5-54,4%) уступала в начальные фазы развития растений химическому препарату (эфф. 64,1%), применяемому в полной норме, а их совместное использование обеспечило высокую защиту семян и растений от патогенов и достоверное ($HCP = 0,14-0,17$ т/га) сохранение урожая на сорте фасоли Маркиза.

Ключевые слова: фасоль, сорт, патогены, фитозащита, протравители, биопрепараты, энергия прорастания, всхожесть, корневые гнили, биологическая эффективность, урожайность.

Для цитирования: Бударина Г.А., Мирошникова М.П. Защита фасоли от семенной и почвенной инфекции в условиях севера ЦЧО. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):65-70. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-65-70

PROTECTION OF BEANS FROM SEED AND SOIL INFECTIONS IN THE NORTH OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

G.A. Budarina, M.P. Miroshnikova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: *The results of two-year research on studying the role of seed dressing in the protection of a new bean variety Markiza from seed and soil infection and the formation of yield in the conditions of the north of the Central Chernozem Region are presented. The biological efficacy of dressing agent and biopreparations against the main group of pathogenic (*Fusarium spp.*), saprotrophic (*Alternaria spp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*) mycoflora of bean seeds and root rots was determined by the method of phytoexpertise and surveys during the growing season. For two years of research the maximum (100%) biological efficiency against fungal infection of seeds of pre-sowing treatment of bean with Tirada, SK in full recommended (on leguminous crops) and high (94,7; 98,2%) in reduced by 50,0% application rate in combination with Vitaplan, SP and Trichocin, SP biopreparations was revealed. These practices on average increase germination energy by 4.5 - 8.0%, increase field germination by 11.6 - 18.6%, reduce bacteriosis of seedlings by 48.7 - 41.4%, and maintain yield by 5.4 - 11.5%. These techniques on average by 4.5 - 8.0% increase germination energy, by 11.6 - 18.6% increase field germination, by 48.7 - 41.4% reduce bacteriosis of seedlings, by 5.4 - 11.5% maintain yield.*

Efficiency (73.3%) and possibility of using Vitaplan, SP and Trichocin, SP biopreparations for treatment of bean seeds under condition of low and average level of their infestation with pathogenic fungi species and mold.

The results of determining the effectiveness of complex application of dressing agents with biopreparations against bean root rots are reflected. Seed treatment on the day of sowing with Vitaplan, SP, 30 g/t and Trichocin, SP, 30 g/t in combination with advance dressing with halved (1.0 l/t) rate of fungicide Tirada, SK was not significantly (effect. 59.5 - 54.4%) inferior in the initial phases of plant development to the chemical preparation (effect. 64.1%) applied at full rate, and their combined use provided high protection of seeds and plants from pathogens and reliable (LSD = 0.14 - 0.17 t/ha) yield preservation on bean variety Markiza.

Keywords: bean, variety, pathogens, phytoexpertise, dressing agents, biopreparations, germination energy, germination, root rot, biological efficiency, yield.

Введение

Значительные недоборы урожая фасоли и снижение качества получаемой продукции, напрямую используемой в питании человека, связаны с высокой зараженностью семенного материала и почвы различными видами патогенных грибов и бактерий, которые имеют широкое распространение и вредоносность в различных регионах РФ.

В условиях северной части ЦЧО такие болезни как корневые гнили, бактериоз, антракноз фасоли стали интенсивно развиваться в последнее десятилетие независимо от условий возделывания культуры [1]. При этом основную инфекционную нагрузку несут семена, зараженность которых может достигать 25,0% и более.

Одной из главных причин широкого распространения болезней является отсутствие разрешенных для применения протравителей, способных защитить культуру от семенной и почвенной инфекции и получить экологически безопасную продукцию высокого качества. Отсутствие знаний о действии современных фунгицидов и биопрепаратов на развитие болезней фасоли ведет к неправильному их использованию и загрязнению окружающей среды. Одним из наиболее безопасных и эффективных способов снижения вредоносности болезней сельскохозяйственных культур является протравливание семян. Кроме того, для достижения экологической безопасности в агроэкосистемах большое значение имеет подбор элементов защиты растений от вредных объектов на основе оптимального сочетания уменьшенных норм применения химических и биологических препаратов, позволяющих снизить высокую зараженность семенного материала различными видами патогенных грибов и бактерий и повысить его посевные качества (энергию, всхожесть).

Цель исследований – получение новых экспериментальных данных для разработки оптимальных регламентов и условий применения протравителей с биопрепаратами, оценке их комплексного влияния на снижение семенной, почвенной инфекции и продуктивность фасоли.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в 2022-2023 гг. в лабораторных и полевых условиях шестипольного севооборота ФНЦ ЗБК путем закладки опытов, проведения учетов и наблюдений согласно общепринятых методик. Испытание протравителей и биопрепаратов на фунгицидную активность проводилось по методике Госкомиссии "Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве"[2], анализ семян на грибную инфекцию – по В.И. Билай и др. (1988), определение посевных качеств – согласно ГОСТ 10246 – 86 и ГОСТ 12038 – 84.

Материалом для исследований служили: сорт фасоли Маркиза, протравитель Тирада, СК, разрешенный к применению на других зернобобовых культурах, применяемый на фоне заблаговременной обработки семян, биопрепараты Витаплан, П, Трихоцин, П, с обработкой в день посева.

Фитоэкспертиза семян была проведена в лабораторных условиях, на основе которой были получены данные по влиянию протравителей на патогенную, сапротрофную микофлору, энергию прорастания семян и лабораторную всхожесть. Действие фунгицидов на полевую всхожесть, корневые гнили и урожайность фасоли проводили в полевых условиях.

Широкорядный (45см) посев опытных делянок с нормой высева 450 тысяч всхожих семян на 1 га проведен селекционной сеялкой СКС-6-10. Учетная площадь делянки – 8,0 м², размещение делянок – рендомизированное. Обработку семян протравителями проводили суспензионным способом вручную за 8 дней до посева, биопрепаратами – в день посева. Расход рабочего раствора при протравливании – 8 л/т семян. Урожай учитывали методом сплошного обмолота делянок комбайном «Сампо – 130». Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Схема опыта:

- Контроль (без обработки);
- Тирада, СК (400 г/л тирама + 30 г/л дифеноконазола), 2,0 л/т;
- Тирада, СК, 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 30 г/т;
- Тирада, СК, 1,0 л/т + Витаплан, СП, 30 г/т;
- Трихоцин, СП, 30 г/т + Витаплан, СП, 30 г/т.

Результаты и их обсуждение

В результате исследований последних лет [3, 4] выявлено, что доминирующими видами патогенной микофлоры семян зернобобовых культур, в том числе фасоли, остаются грибы рода *Fusarium*, зараженность которыми в 2022 и 2023 гг. составила 4,5 и 5,0%. При достаточно высокой (28,5%) общей заселенности патогенными и плесневыми грибами в среднем за 2 года, следует отметить и значительное количество бактериозных семян, что напрямую сказывается на посевных качествах (энергия прорастания, всхожесть) фасоли и требует разработки регламентов по ее обеззараживанию.

Фитоэкспертиза семян фасоли показала, что протравитель Тирада, СК в рекомендуемой норме применения (2,0 л/т) проявил максимальную (100%) биологическую эффективность против патогенной (*Fusarium* spp.) и сапротрофной (*Alternaria* spp, *Mucor* spp., *Penicillium* spp.) микофлоры и достаточно высокую (64,7%) против бактериозов (табл. 1). Применение протравителя в сниженной на 50% норме (1,0 л/т) в сочетании с биопрепаратами Витаплан, СП, 30,0 г/т и Трихоцин, СП, 30 г/т было также эффективным (98,2 и 94,7%) против грибной и бактериальной (эффек. 50,6 и 58,8%) инфекции и не значительно отличалось от действия протравителя (эффек. 64,7%), применяемого в полной норме. Однако следует отметить, что применение уменьшенной вдвое нормы химического протравителя на фасоли в сочетании с биопрепаратами возможно только в случае слабой и умеренной (в наших исследованиях от 2,3 до 4,7%) степени заселенности посевного материала патогенной грибной и бактериальной инфекцией, что следует учитывать на практике.

Применение биопрепаратов Витаплан, СП и Трихоцин, СП в чистом виде по фунгицидному действию было слабее (эффек. 73,3%) использования их в сочетании с

протравителем в среднем за 2 года и не оказывало существенного влияния (эффект. 23,5%) на бактериозы.

Таблица 1

Влияние протравителей на посевные качества и зараженность семян фасоли сорта Маркиза (ср. за 2022-2023 гг.)

№ пп	Вариант/ препарат	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Зараженность, %				Эффективность, %
				Микобиота		Эффективность, %	БАКТ.	
				FUSAS P.	ALTE SP. + PENSP. +MUCOMSP.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Контроль (без обработки)	90,3	95,0	4,7	23,8	-	8,5	-
2	Тирада, СК, 2,0 л/т	94,8	96,0	0,0	0,0	100	3,0	64,7
3	Тирада, СК, 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 30 г/т	97,0	97,5	0,0	0,5	98,2	4,2	50,6
4	Тирада, СК, 1,0 л/т + Витаплан, СП, 30 г/т	98,3	96,8	0,0	1,5	94,7	3,5	58,8
5	Трихоцин, СП, 30 г/т + Витаплан, СП, 30 г/т	95,5	94,5	0,8	6,8	73,3	6,5	23,5

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

Действие современных фунгицидов на показатели посевных качеств (энергия прорастания, всхожесть) является важным звеном в оценке эффективности препаратов.

Результаты лабораторных анализов и полевых учетов показали стимулирующее влияние обработки семян биопрепаратами Витаплан, СП и Трихоцин, СП (30 г/т) в сочетании с половинной (1,0 л/т) нормой протравителя Тирада, СК на энергию прорастания (увеличение на 6,7; 8,0%), лабораторную (на 2,5; 1,8%), полевую (на 11,6; 18,6%) всхожести и сохранность растений к уборке (на 3,2; 7,2%), тогда как действие протравителя в полной норме применения по этим показателям уступало изучаемому комплексу.

Важным фактором рационального применения протравителей является их эффективное фунгицидное действие против семенной и почвенной инфекции, вызывающей корневые и листовые болезни фасоли, распространенность и развитие которых будет расти с увеличением площадей под культурой.

Учеты на пораженность фасоли корневыми гнилями в среднем за два года показали преимущество в снижении развития болезни (эффект. 64,1 и 63,1% соответственно в фазу бутонизация и плодообразование) протравителя Тирада, СК, применяемого в полной норме – 2,0 л/т (табл. 2).

Эффективность применения биопрепаратов Витаплан, СП и Трихоцин, СП в чистом виде в фазу бутонизация была на 29,1% ниже показателя на варианте с протравителем, а к фазе плодообразование – не существенной (16,1%). В комплексе с половинной нормой протравителя биопрепараты по эффективности незначительно уступали протравителю Тирада, СК (на 4,9 и 9,7%, эффект. 59,2 и 54,4%) при обоих учетах.

Одним из вредоносных заболеваний всходов, листьев, а к фазе плодообразование и бобов фасоли является бактериоз, развитие которого может достигать 20,0% и более при 100% распространении болезни в поле. Потери урожая от бактериоза могут достигать более 30% и зависят от зараженности посевного материала, погодных условий и сорта. В связи с

этим более существенно на развитие болезни и урожайность может влиять протравливание семян перед посевом.

Таблица 2

Биологическая эффективность применения протравителей и биопрепаратов против болезней фасоли (сорт Маркиза), ср. за 2022 - 2023 гг.

№ п п	Вариант/ препарат	Корневые гнили				Бактериоз			
		бутонизация - цветение		плодообразование		бутонизация		плодообразовании	
		развитие, %	эффективность, %	развитие, %	эффективность, %	развитие, %	эффективность, %	развитие, %	эффективность, %
1	Контроль (без обработки)	10,3	-	18,7	-	6,9	-	8,7	-
2	Тирада, СК, 2,0 л/т	3,7	64,1	6,9	63,1	3,3	52,2	4,8	44,8
3	Тирада, СК, 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 30 г/т	4,2	59,2	9,5	49,2	3,5	49,3	7,2	17,3
4	Тирада, СК, 1,0 л/т + Витаплан, СП, 30 г/т	4,7	54,4	8,4	55,1	3,8	44,9	7,8	15,5
5	Трихоцин, СП, 30 г/т + Витаплан, СП, 30 г/т	6,7	35,0	15,7	16,1	4,2	39,1	8,1	6,9

В результате учетов на пораженность фасоли бактериозом в фазу бутонизация отмечено значительное (эфф. 52,2%) снижение развития болезни под влиянием обработки семян протравителем Тирада, СК в полной норме применения и комплексами: Тирада, СК, 1,0 л/т + Витаплан, СП, 30 г/т (эфф. 49,3%) и Тирада, СК, 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 30 г/т (эфф. 44,9%). В последующем эффективность (44,8%) сохранялась только на варианте с протравителем, тогда как на вариантах с биопрепаратами отмечена лишь тенденция к снижению развития болезни (эфф. 6,5-17,3%). Следует отметить, что эффективность биопрепаратов и их комплексов против бактериозов листьев в начальный период роста и развития фасоли обусловлена значительным снижением зараженности семян после их обработки данными препаратами (табл. 1) и нивелированием их действия в последующие фазы развития культуры.

Структурный анализ снопового материала и математическая обработка экспериментальных данных подтвердили достоверное (НСР 05 = 0,14 и 0,17 т/га) повышение урожайности (прибавка 10,1 и 11,5%) на вариантах с обработкой семян в день посева Витапланом, СП, 30 г/т и Трихоцином, СП, 30 г/т в сочетании с заблаговременным протравливанием сниженной вдвое (1,0 л/т) нормой фунгицида Тирада (табл.3). Повышение урожайности на данных вариантах произошло за счет увеличения количества выполненных бобов (на 3,7; 5,8%), семян (на 6,7%) с растения и массы 1000 зерен (на 1,2; 1,7%).

Таблица 3

Урожайность фасоли сорта Маркиза в зависимости от обработки семян

№ пп	Вариант/ Препарат	Урожайность, т/га			Прибавка	
		2022 г.	2023 г.	среднее 2022-2023гг.	т/га	+ - % к контролю
1	Контроль (без обработки)	1,55	1,40	1,48	-	-
2	Тирада, СК, 2,0 л/т	1,58	1,57	1,57	0,09	+ 6,1
3	Тирада, СК, 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 30 г/т	1,60	1,66	1,63	0,15	+ 10,1
4	Тирада, СК, 1,0 л/т + Витаплан, СП, 30 г/т	1,69	1,60	1,65	0,17	+ 11,5
5	Трихоцин, СП, 30 г/т + Витаплан, СП, 30 г/т	1,54	1,40	1,47	0,0	0,0
	НСР 05	0,14	0,17			

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований впервые получены экспериментальные данные для разработки приемов защиты фасоли от семенной и почвенной инфекции с помощью комплексного применения протравителя Тирада, СК в сочетании с биопрепаратами Витаплан, СП и Трихоцин, СП. Определены регламенты применения комплексных смесей: Тирада, СК, 1,0 л/т + Витаплан, СП, 30 г/т и Тирада, СК, 1,0 л/т + Трихоцин, СП, 30 г/т, позволяющих стабилизировать фитосанитарную ситуацию в агроценозе фасолевого поля, вдвое снизить пестицидную нагрузку и сохранить урожай высокого качества.

Литература

1. Сорокина С.Ю. Влияние агротехнических приемов на фитосанитарное состояние посевов и урожайность фасоли обыкновенной // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XIX международной научной конференции в 4-х ч. Ч. 4. – Брянск: изд-во Брянский ГАУ, – 2022. – С.111-118.
2. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – С– Пб., 2009. – 378 с.
3. Борзенкова Г.А. Система рационального применения протравителей и оптимизация их совместного использования с биопрепаратами и ФАВ в защите гороха от болезней в условиях юга Нечерноземной зоны России. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1. – С. 90 – 98.
4. Борзенкова Г.А. Применение эффективных протравителей и инокулянтов в технологии возделывания различных сортов сои. // Земледелие. – 2014. – №4. – С. 37 – 39.

References

1. Sorokina S.Yu. Influence of agronomic practices on phytosanitary condition of crops and yield of common bean // Agroekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK: materialy XIX mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, in 4 parts, Part. 4. - Bryansk: Bryanskii GAU Publ., 2022. - Pp.111-118.
2. Methodological guidelines for registration tests of fungicides in agriculture. - St. Petersburg, 2009. - 378 p.
3. Borzenkova G.A. System of rational application of dressing agents and optimization of their joint use with biopreparations and PAS in pea protection against diseases in the south of the Non-Black Earth Zone of Russia //Zernobobovye i krupyanye kul'tury. - 2012. №1. - Pp. 90 - 98.
4. Borzenkova G.A. Application of effective dressing agents and inoculants in cultivation technology of different soybean varieties. // Zemledelie. - 2014. - №4. - Pp. 37 - 39.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ НУТА И ЧИНЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

М.В. ДОНСКАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-6257-0576, E-mail: nmaria_87@mail.ru
М.М. ДОНСКОЙ, кандидат сельскохозяйственных наук,
А.И. ЯКУБОВСКАЯ*, кандидат биологических наук,
О.П. ПТАШНИК*, старший научный сотрудник,
И.А. КАМЕНЕВА*, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

*ФГБУН НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
КРЫМА

Цель исследования заключалась в определении эффективности применения микробиологических препаратов на перспективных сортах нута и чины. Исследования проводили параллельно в 2020-2022 гг. в условиях Орловской области и республики Крым (Красногвардейский район). Материалом для исследования служили сорт нута Аватар и сорт чины Славянка (селекции ФНЦ ЗБК). Опыты закладывали по следующим вариантам: 1 - контроль (без обработок); 2 – предпосевная обработка семян препаратом Ризобин^{агро} норма расхода 100 мл/га; 3 – предпосевная обработка семян комплексом биопрепаратов, состоящим из микса препаратов Ризобин^{агро}, Фосфостим^{агро} и Биопрофид^{агро}, норма расхода 300 мл/га. Опыты закладывали на опытных полях ФНЦ ЗБК и НИИ сельского хозяйства Крыма на делянках площадью 10 м² и 27 м² соответственно в четырехкратной повторности. Эффективность применения микробиологических препаратов на сортах нута и чины, как в условиях Орловской области, так и в условиях степного Крыма, в сильной степени определяется погодными условиями, почвенными характеристиками (особенно содержанием органики, подвижных форм азота и кислотностью) и наличием в почве местных популяций клубеньковых бактерий. В среднем за годы изучения наибольшую эффективность показало применение комплексного биопрепарата (КМП), предпосевная инокуляция которым оказала положительное стимулирующее влияние на процессы роста и развития растений нута и чины, что было особенно заметно в неблагоприятные по агрометеорологическим показателям годы. В этом варианте наблюдалось увеличение урожайности зерна нута на 0,16-0,28 т/га и чины на 0,10-0,27 т/га по сравнению с контролем. Предпосевная инокуляция семян Ризобин^{агро} в отдельные годы повышала содержание белка в зерне нута на 3,3%, чины на 1,7% к контролю, применение КМП увеличило содержание белка в зерне чины на 1,3% к контролю.

Ключевые слова: нут (*Cicer arietinum* L.), чина посевная (*Lathyrus sativus* L.), сорт, микробиологические препараты, вегетационный период, белок, урожайность, почва.

Для цитирования: Донская М.В., Донской М.М., Якубовская А.И., Пташник О.П., Каменева И.А. Сравнительная продуктивность нута и чины при применении микробиологических препаратов в условиях Орловской области и республики Крым. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):71-79. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-71-79

OF CHICKPEA AND GRASS PEA COMPARATIVE PRODUCTIVITY WHEN APPLICATION OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS IN THE ORYOL REGION AND THE REPUBLIC OF CRIMEA CONDITIONS

M.V. Donskaya, M.M. Donskoi, A.I. Yakubovskaya*, O.P. Ptashnik*, I.A. Kameneva*

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

*FSBIS RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF CRIMEA

Abstract. *The purpose of the study was to determine the effectiveness of the use of microbiological preparations on promising varieties of chickpea and grass pea. The studies were carried out in parallel in 2020–2022 under the conditions of the Oryol region and the Republic of Crimea (Krasnogvardeisky district). The chickpea variety Avatar and grass pea variety Slavyanka served as the material for the research (breeding of FSC LGC). Experiments were laid according to the following variants: 1 - control (no treatment); 2 – pre-sowing seed treatment with Rizobin^{agro}, preparation application rate 100 ml/ha; 3 – pre-sowing seed treatment with a complex of biopreparations consisting of a mix of Rizobin^{agro}, Phosphostim^{agro} and Bioprofid^{agro}, application rate 300 ml/ha. Experiments were laid on experimental fields of FSC LGC and Research Institute of Agriculture of Crimea on plots of 10 m² and 27 m², respectively, in four repetitions. The effectiveness of the use of microbiological preparations on varieties of chickpea and grass pea, both in the conditions of the Oryol region and in the conditions of the steppe Crimea, is largely determined by weather conditions, soil characteristics (especially the content of organic matter, mobile forms of nitrogen and acidity) and the presence of local populations of nodule bacteria in the soil. On average, over the years of study, the use of a complex biological product (CMP) showed the highest efficiency, pre-sowing inoculation with which had a positive stimulating effect on the growth and development of chickpea and grass pea plants, which was especially noticeable in years that were unfavorable in terms of agro meteorological indicators. In this variant, there was an increase in the yield of chickpea grain by 0.16-0.28 t/ha and grass pea by 0.10-0.27 t/ha compared to the control. Presowing seed inoculation with Rizobin^{agro} in some years increased the protein content in chickpea grain by 3.3%, grass pea by 1.7% compared to control, the use of CMP increased the protein content in grass pea grain by 1.3% compared to control.*

Keywords: chickpea (*Cicer arietinum* L.), grass pea (*Lathyrus sativus* L.), variety, microbiological preparations, vegetation period, protein, productivity, soil.

Зернобобовые культуры являются важной и специфической составной частью структуры посевных площадей во всем зерновом комплексе России, что делает их востребованными при всех формах собственности и одинаково необходимыми в любых природно-климатических условиях [1].

Нут и чина перспективные зернобобовые культуры. Нут возделывают в странах Азии, Африки, Австралии, Ближнего Востока, Центральной и Южной Америки. В России его выращивают в основном в Волгоградской, Саратовской, Самарской и Ростовской областях и в Башкирии. Чина довольно широко распространена в Индии, Египте, Алжире и странах Западной Европы. В России чина посевная занимает площади на Северном Кавказе, в Закавказье и в среднеазиатских странах.

Нут и чина являются ценным источником растительного белка для питания людей и кормления животных. Благодаря особенности вступать во взаимодействия с азотфиксирующими бактериями, они играют важную роль в поддержании почвенного плодородия за счет обогащения почвы азотом, особенно на подверженных засухам землях.

Предпосевная инокуляция семян зернобобовых культур специфическими штаммами клубеньковых бактерий значительно увеличивает число клубеньков на корнях растений, повышает их массу и нитрогеназную активность [2]. Один из путей оптимизации условий функционирования симбиоза – инокуляция семян одновременно с ризобиями другими штаммами микроорганизмов, которые обладают способностью к фосфатмобилизации и подавлению развития фитопатогенных грибов. Не меньшее значение имеет и применение азотфиксирующих фосфатмобилизирующих микроорганизмов на других сельскохозяйственных культурах [3].

Ряд зарубежных и отечественных исследований подтверждает, что как отдельная, так и совместная инокуляция семян нута ризобиями, ассоциативными полезными микроорганизмами и грибами арбускулярной микоризы оказывает положительное влияние на рост растений, параметры симбиоза, элементы продуктивности, урожайность и качество зерна, поглощение элементов питания, повышает устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам [4-8]. Аналогичные данные, подтверждающие высокую эффективность предпосевной инокуляции семян биопрепаратами, получены и для чины посевной [9-12].

В связи с тем, что нут и чина являются перспективными культурами для возделывания в различных регионах Российской Федерации, изучение эффективности применения микробиологических препаратов на сортах данных культур является актуальным.

Цель исследования – определение эффективности применения микробиологических препаратов на перспективных сортах нута и чины, изучение влияния микробных препаратов на агрохимические показатели почвы.

Материал и методика проведения исследований

Опыты по изучению эффективности применения микробиологических препаратов закладывали параллельно на опытных полях ФНЦ ЗБК (Орловская область) и НИИСХ Крыма (республика Крым) в 2020-2022 гг. (рис.1). Материалом для исследования служили сорт нута Аватар и сорт чины Славянка селекции ФНЦ ЗБК [13]. Опыты закладывали по следующим вариантам: 1 - контроль (без обработок); 2 – предпосевная обработка семян препаратом Ризобин^{агро}, норма расхода 100 мл/га; 3 – предпосевная обработка семян комплексом биопрепаратов, состоящим из микса препаратов Ризобин^{агро}, Фосфостим^{агро} и Биопротид^{агро}, норма расхода 300 мл/га. Микробиологические препараты получены из НИИ сельского хозяйства Крыма (г. Симферополь).



Опытные поля ФНЦ ЗБК



Опытные поля НИИСХ Крыма

Рис. 1. Общий вид опытных посевов, 2022 г.

Метод размещения вариантов в полевом опыте систематический, повторность четырехкратная. Площадь делянки в ФНЦ ЗБК 10 м², учетная 8,25 м², в НИИСХ Крыма - посевная 27 м², учетная 25 м². Посев сеялкой СКС-6-10. Норма высева для нута 800 тыс. всхожих семян на 1 га, для чины – 1200 тыс. всхожих семян на га. Обработка семян микробиологическими препаратами в день посева по рекомендациям, предложенным производителями. Уборка по мере созревания малогабаритным комбайном САМПО-130 и «Wintersteiger Classic».

Закладку полевых опытов, уход за посевами, фенологические наблюдения и структурный анализ растений осуществляли по общепринятым методикам.

Содержание белка в зерне определяли в лаборатории физиологии и биохимии растений ФНЦ ЗБК методом Кьельдаля с использованием автоматической системы UDK-152 и дигестора DK-8 производства компании Velp Scientifica (Италия).

Анализ почв в годы исследований проводили в лаборатории агрохимических исследований НИИСХ Крыма по методу Кирсанова и ГОСТ 26951-86, 26205-91, 26207-84.

Статистическую обработку проводили методами дисперсионного анализа в приложении Microsoft Office Excel 2010.

Почва опытного участка ФНЦ ЗБК – темно-серая лесная, средней окультуренности, количество гидролитического азота – 0,56...2,14 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 19,18...51,9 мг/100 г почвы, обменного калия – 11,87...19,90 мг/100 г почвы, гумуса – 4,76...5,10%, рН солевой вытяжки – 5,37...5,96%.

Почва опытного участка НИИСХ Крыма – чернозем южный слабогумусированный, развитый на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах с содержанием гумуса в пахотном слое 2,26%. Мощность гумусового слоя 50 см. Количество легкогидролизуемого азота 3,0-4,0 мг, подвижного фосфора 4,6-6,0 мг, обменного калия 32-36 мг на 100 г абсолютно сухой почвы. Объемная масса в пахотном слое составляет 1,02-1,15 см³. Южные черноземы через свой тяжелый механический состав подвержены быстрому уплотнению.

По обеспеченности почв элементами питания P₂O₅ и K₂O (мг/100 г почвы) в среднем слое 0-40 см по методу Кирсанова почвы ФНЦ ЗБК характеризуются как оптимально и высоко обеспеченные; почвы НИИСХ Крыма по содержанию P₂O₅ – низко обеспеченные, по содержанию K₂O – высоко обеспеченные.

Погодные условия в годы исследований в разных районах проведения опытов имели существенные различия, что позволило более полно оценить эффективность применения микробиологических препаратов на изучаемых сортах.

В Орловской области 2020 и 2022 годы отличались неравномерностью выпадения осадков в течение периода вегетации и характеризовались: 2020 г. как достаточно увлажненный (ГТК=1,4); 2022 г. как слабо засушливый (ГТК=1,1). Следует отметить, что в 2022 году максимальная сумма осадков выпала во II –III д. сентября, при температуре воздуха ниже нормы на 1,1-2,0 °С, что не позволило провести уборку нута вовремя и привело к большим потерям урожая. 2021 г. был засушливым (ГТК = 0,8).

Климат района расположения НИИСХ Крыма (с. Клепинино, Красногвардейский район, республика Крым) - степной, умеренно холодный, полусухой, континентальный, с большими годовыми и суточными колебаниями температуры. Среднегодовая температура воздуха составляет 9,8 – 10,4°С, с колебанием 9,4 – 11,5°С. Годовая сумма осадков 340-418 мм, из них в вегетационное время, ограниченное температурой выше 10°С – 195-205 мм. Наиболее жарким был 2020 г. – сумма эффективных температур за вегетационный период составила 1704,5°С, что на 215,5°С превысила многолетнюю норму, количество осадков было на уровне 160,6 мм или 87,8% от нормы. 2021 и 2022 гг. по температурному режиму были более близки к среднемноголетним показателям, по количеству осадков превзошли многолетнюю норму на 21% и 41% соответственно, характеризовались как достаточно увлажненные. Таким образом, погодные условия в районе расположения опытов складывались благоприятным образом для развития растений нута и чины.

Результаты исследований и их обсуждение

В условиях Орловской области продолжительность вегетационного периода у сорта нута Аватар изменялась от 96 суток в 2021 году до 136 суток в 2020 году. У чины Славянка продолжительность вегетационного периода колебалась от 77 суток в 2021 году до 97 суток в 2022 году. Фазы созревание и полная спелость у нута значительно растягивались из-за дождей, выпадающих во второй половине периода вегетации культуры. Периоды затяжных дождей повторяются практически каждые два года, что сказывается на урожайности культуры в эти годы.

В условиях степного Крыма продолжительность вегетационного периода у нута Аватар варьировала от 96 суток в 2022 году до 119 суток в 2021 году, у чины Славянка от 86 суток в 2022 году до 101 суток в 2020 году. В условиях степного Крыма агрометеорологические условия для возделывания культур более стабильны. Жаркие засушливые периоды в течение вегетации нут и чина как засухоустойчивые культуры переносят легко.

Применение микробиологических препаратов не оказало влияния на продолжительность вегетационного периода сортов, которая в большей степени зависела от складывающихся погодных условий.

Использование бактериальных препаратов оказало существенное влияние на параметры продуктивности растений нута (табл. 1). Так, масса зерна с растения у сорта Аватар в среднем за три года изучения увеличилась на 10,3-17,2% в условиях Орловской области и на 13,5-38,2% в условиях степного Крыма; масса 1000 зерен возросла на 4,0 % в условиях Орловской области и на 1,5-3,7% в условиях Крыма.

Таблица 1

Семенная продуктивность растений, масса 1000 зерен и урожайность нута и чины при обработке микробиологическими препаратами

Культура, сорт	Вариант опыта	Масса зерна с раст., г				Масса 1000 зерен, г				Урожайность, т/га			
		2020	2021	2022	Ср.	2020	2021	2022	Ср.	2020	2021	2022	Ср.
ФНЦ ЗБК													
Нут Аватар	Контроль	6,8	7,5	3,2	5,8	290,4	328,4	220,1	279,6	3,11	3,52	0,50	2,38
	Ризобин ^{агро}	6,7	9,6	4,2	6,8	287,2	311,2	240,1	279,5	3,27	3,62	0,80	2,56
	КМП	6,2	9,5	3,6	6,4	299,9	328,5	243,8	290,7	3,67	3,62	0,70	2,66
<i>HCP 05</i>		0,5	1,1	0,9		6,8	9,8	12,6		0,16	0,08	0,29	
Чина Славянка	Контроль	4,4	4,5	5,6	4,8	198,7	243,2	202,8	214,9	0,99	2,25	2,10	1,78
	Ризобин ^{агро}	4,0	4,2	5,1	4,4	197,0	230,8	199,4	209,1	1,08	2,25	2,00	1,78
	КМП	4,3	3,9	5,6	4,6	182,1	243,4	205,7	210,4	1,05	2,22	2,30	1,86
<i>HCP 05</i>		0,3	0,5	0,7		7,8	6,7	12,2		0,09	0,04	0,27	
НИИСХ Крыма													
Нут Аватар	Контроль	13,2	5,9	7,6	8,9	235,0	245,8	237,0	239,3	1,12	0,74	2,22	1,36
	Ризобин ^{агро}	14,5	6,6	9,2	10,1	237,0	246,9	245,0	243,0	1,20	0,78	2,39	1,46
	КМП	19,5	8,1	9,2	12,3	243,0	247,2	254,0	248,1	1,25	0,89	2,42	1,52
<i>HCP 05</i>		0,9	0,8	0,7		4,1	4,4	12,4		0,05	0,13	0,16	
Чина Славянка	Контроль	4,2	5,6	10,1	6,6	236,0	217,6	267,0	240,2	1,26	1,46	1,84	1,52
	Ризобин ^{агро}	4,4	7,5	11,2	7,7	240,0	212,7	281,0	244,6	1,34	1,54	2,07	1,65
	КМП	4,9	8,3	12,4	8,5	242,0	212,3	288,0	247,4	1,47	1,67	2,22	1,79
<i>HCP 05</i>		0,4	0,9	1,4		3,9	5,8	9,9		0,06	0,09	0,29	

Урожайность зерна нута в условиях Орловской области в среднем за три года была выше, чем в условиях степного Крыма и составила в контроле 2,38 т/га. Несмотря на то, что 2022 год оказался самым неблагоприятным для возделывания нута, из-за затяжных дождей отмечались большие потери урожая. Прибавка от применения микробных препаратов была на уровне 0,18-0,28 т/га.

В условиях Крыма средняя урожайность нута в контрольном варианте составила 1,36 т/га, прибавка от использования препаратов – 0,10-0,16 т/га.

Наибольшую эффективность на нуте показал КМП, в состав которого помимо высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий входят фосфатмобилизующие микроорганизмы и бактерии, обладающие высокой антифунгальной активностью против широкого спектра возбудителей распространенных сельскохозяйственных культур.

Применение микробиологических препаратов в условиях Орловской области показало меньшую эффективность у чины сорта Славянка, у которого масса зерна с растения и масса 1000 зерен в годы проведения исследований были чуть ниже или на уровне контроля. Надо отметить, что в 2020 г. некоторую эффективность показало применение Ризобин^{агро}, прибавка урожайности по сравнению с контролем составила 0,09 т/га, в 2022 г. эффективнее был КМП, прибавка составила 0,2 т/га к контролю. При этом в среднем за три года урожайность зерна чины в контрольном варианте и варианте с использованием Ризобин^{агро} составила 1,78, в варианте с КМП была 1,86 т/га.

Возможно, что слабая эффективность применения изученных препаратов на чине в условиях Орловской области объясняется низкой конкурентоспособностью входящих в их состав штаммов азотфиксирующих бактерий. В дальнейших исследованиях следует

использовать микробиологические препараты на основе штаммов клубеньковых бактерий устойчивых к местным популяциям.

В условиях степного Крыма масса зерна с растения у чины в вариантах с применением микробиологических препаратов увеличилась на 16,7-28,8% по сравнению с контролем. Урожайность зерна чины в контрольном варианте составила 1,52 т/га, прибавка от применения микробных препаратов была на уровне 0,13-0,27 т/га.

В разные годы предпосевная инокуляция семян нута и чины бактериальными препаратами оказывала разное влияние на накопление белка в зерне у этих культур (табл. 2). Так в 2020 году применение Ризобин^{агро} увеличило содержание белка в зерне чины на 1,7% по сравнению с контролем. В 2021 и 2022 годах в варианте с Ризобин^{агро} увеличилось содержание белка в зерне нута на 3,3 и 0,5 % соответственно по сравнению с контролем. В 2022 г. применение КМП повысило содержание белка в зерне чины на 1,3% к контролю.

Таблица 2

Содержание белка в зерне нута и чины при применении микробиологических препаратов (ФНЦ ЗБК)

Культура, сорт	Вариант опыта	Содержание белка, %			
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Нут Аватар	Контроль	23,0	24,0	21,4	22,8
	Ризобин ^{агро}	22,0	24,8	21,5	22,8
	КМП	22,7	23,6	21,0	22,4
<i>НСР 05</i>		<i>0,28</i>	<i>0,61</i>	<i>0,32</i>	
Чина Славянка	Контроль	28,5	30,0	30,5	29,7
	Ризобин ^{агро}	29,0	29,6	30,5	29,7
	КМП	28,0	29,8	30,9	29,6
<i>НСР 05</i>		<i>0,65</i>	<i>0,27</i>	<i>0,23</i>	

Важную роль в формировании растительно-микробных взаимодействий помимо погодных условий играет агрохимический состав почвы и предшественник. В Орловской области опыты по изучению применения микробиологических препаратов закладывались в севообороте после чистого пара. Высокое содержание подвижных форм азота и органических соединений, которыми характеризуются чистые пары, приводят к снижению симбиотической азотфиксации, заметно снижается клубенькообразование у бобовых растений [14].

С целью определения динамики доступных для растений форм NPK в 2021 и 2022 годах был проведен агрохимический анализ почвы до посева и после уборки культур по вариантам опыта. Он показал, что при возделывании нута и чины с применением микробиологических препаратов происходит снижение уровня кислотности почвы (табл. 3).

Содержание подвижных форм азота после уборки в 2021 году уменьшилось, что возможно указывает на преобладание автотрофного типа азотного питания растений нута и чины над симбиотрофным. В 2022 году содержание легкогидролизуемого азота в почве опытного участка увеличилось в процессе возделывания культур и после уборки составило 1,07...2,24 мг/100 г почвы в вариантах с применением микробиологических препаратов, против 0,56 мг/100 г в контроле до посева. Что косвенно указывает на преобладание симбиотрофного типа азотного питания растений.

Данные по содержанию подвижных форм фосфора и калия разнятся по годам и культурам. Так, в 2021 году содержание подвижного фосфора увеличилось после уборки нута, но оставалось на допосевном уровне и чуть ниже после уборки чины. Содержание обменного калия увеличилось во всех вариантах опыта, за исключением Ризобин^{агро} на чине. В 2022 году содержание фосфора увеличилось в почве во всех вариантах опыта, за исключением варианта с Ризобин^{агро} на нуте. Содержание обменного калия наоборот уменьшилось во всех вариантах, кроме вариантов с применением Ризобин^{агро} на нуте и чине. Возможно, что такая разница обусловлена доминирующими потребностями культур в том

или ином элементе питания в различные фазы вегетации в конкретных почвенных условиях в годы проведения исследований. Динамика накопления фосфора в почве опытного участка может быть связана также с действием фосфатмобилизирующих микроорганизмов, входящих в составе КМП. Что подтверждается данными урожайности, так у чины в 2022 году максимальная урожайность зафиксирована в варианте с КМП – 2,3 т/га.

Таблица 3

**Результаты агрохимического анализа почв ФНЦ ЗБК, 2021-2022 гг.
(по данным лаб. агрохимических исследований НИИСХ Крыма)**

Показатель	До посева	После уборки нута			После уборки чины		
		Контроль	Ризобин ^{агро}	КМП	Контроль	Ризобин ^{агро}	КМП
2021 год							
pH	5,37	5,85	5,75	5,60	5,44	5,44	5,52
N-NO ₃ ⁻ , мг/100 г почвы	2,14	0,36	0,40	0,35	0,35	0,40	0,34
P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	19,18	20,50	20,02	21,35	19,58	18,29	18,96
K ₂ O, мг/100 г почвы	11,87	13,57	14,84	13,99	12,72	11,87	13,57
2022 год							
pH	5,72	5,95	6,01	5,74	5,93	5,66	5,88
N-NO ₃ ⁻ , мг/100 г почвы	0,56	0,93	1,62	1,32	2,24	2,24	1,07
P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	51,90	69,10	49,70	77,10	63,80	79,20	94,50
K ₂ O, мг/100 г почвы	19,90	16,80	22,10	18,10	19,90	22,10	19,00

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что эффективность применения микробиологических препаратов на сортах нута и чины, как в условиях Орловской области, так и в условиях степного Крыма, в сильной степени определяется погодными условиями, почвенными характеристиками (особенно содержанием органики и подвижных форм азота, кислотностью почвы), наличием местных популяций клубеньковых бактерий. В среднем за годы изучения наибольшую эффективность показало применение комплексного биопрепарата (КМП), предпосевная инокуляция которым оказала положительное стимулирующее влияние на процессы роста и развития растений нута и чины, что было особенно заметно в неблагоприятные годы. В этом варианте наблюдалось увеличение урожайности зерна нута на 0,16-0,28 т/га и чины на 0,10-0,27 т/га по сравнению с контролем.

Предпосевная инокуляция семян Ризобин^{агро} в отдельные годы повышала содержание белка в зерне нута на 3,3%, чины на 1,7% к контролю, применение КМП увеличило содержание белка в зерне чины на 1,3% к контролю.

Проведение агрохимического анализа почв до посева и после уборки культур показало, что при возделывании нута и чины с применением микробиологических препаратов происходит снижение уровня кислотности почвы. Определение подвижных форм азота в 2021 году позволило установить преобладание автотрофного типа азотного питания растений нута и чины, в 2022 году – симбиотрофного типа азотного питания. КМП за счет входящих в его состав фосфатмобилизирующих микроорганизмов способствовал накоплению фосфора в почве.

Литература

1. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198
2. Наумкина Т.С., Васильчиков А.Г., Гурьев Г.П., Барбашов М.В., Донская М.В., Донской М.М., Громова Т.Н. Повышение эффективности биологической азотфиксации зернобобовых культур // Земледелие. – 2012. – № 5. – С. 21-23.
3. Якубовская А.И., Каменева И.А., Гритчин М.В., Мельничук Т.Н. Эффективность интродукции ассоциативных бактерий в ризосферу риса (*Oryza sativa* L.) // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 2 (18). – С. 110-116. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-110-116
4. Пташник О.П. Технологические приемы выращивания нута в условиях степного Крыма // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4 (24). – С. 13-19.
5. Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Столярова Е.А., Мухаматдырова С.Р., Логинов О.Н. Перспектива использования бактериальных препаратов против семенной инфекции нута // Земледелие. – 2020. – № 2. – С. 44-47. DOI:10.24411/0044-3913-2020-10211
6. Wondwosen Tena, Endalkachew Wolde-Meske, Fran Walley Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to inoculation with native and exotic Mesorhizobium strains in Southern Ethiopia // African Journal of Biotechnology. 2016. Vol. 15(35), pp. 1920-1929. DOI: 10.5897/AJB2015.15060
7. Singh Z., Singh G. Role of Rhizobium in chickpea (*Cicer arietinum*) production - A review // Agricultural Reviews. 39(1) 2018. pp. 31-39. DOI: 10.18805/ag.R-1699
8. Laranjeira S., Fernandes-Silva A., Reis S., Torcato C., Raimundo F., Ferreira L., Carnide V., Marques G. Inoculation of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi improve chickpea performance under water deficit conditions // Applied Soil Ecology. 2021. V. 164. P. 103927. DOI:10.1016/j.apsoil.2021.103927
9. Barrientos L., Badilla A., Mera M., Montenegro A., Gaete N., Espinoza N. Performance of Rhizobium strains isolated from Lathyrus sativus plants growing in southern Chile // Lathyrus Lathyrism Newsletter. 2003. 3. pp. 8-9.
10. Горбунов В.С., Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Зайцева Л.И., Гудова Л.А., Худенко М.Н. Современная технология выращивания и сорта чины посевной, адаптированные к условиям недостаточного увлажнения нижнего Поволжья // Земледелие – 2015. – № 4. – С. 47-48.
11. Хохоева Н.Т., Тедеева А.А., Тедеева В.В. Роль биопрепаратов в повышении продуктивности чины посевной // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 8. С. 105-108.
12. Мусаев М.А. Абаев А.А. Элементы технологии возделывания чины посевной на каштановых почвах предгорного Дагестана // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2022. – №1 (105). – С. 90-96. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-1-105-90-97
13. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Орёл: Картуш. – 2022. – 204 с. (Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Понарина В.И. Бобков С.В., Бударина Г.А., Грядунова Н.В., Задорин А.М. и др).
14. Гурьев Г.П. Влияние предшественника на симбиотическую азотфиксацию у гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №1 (13). – С. 34-38.

References

1. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V. et al. Development of the production of leguminous and cereal crops in Russia based on the use of breeding achievements // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020. №4 (36). Pp. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198
2. Naumkina T.S., Vasil'chikov A.G., Gur'ev G.P. et al. Increasing the efficiency of biological nitrogen fixation of leguminous crops // *Zemledelie*. 2012. №5. Pp. 21-23.
3. Yakubovskaya A.I., Kameneva I.A., Gritchyn M.V., Mel'nichuk T.N. Efficiency of introduction of associative bacteria into the rice rhizosphere (*Oryza sativa* L.) // *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2019. № 2 (18). Pp. 110-116. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-110-116
4. Ptashnik O.P. Technological methods for growing chickpeas in the steppe Crimea // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2017. №4 (24). Pp. 13-19.
5. Kuzina E.V., Rafikova G.F., Stolyarova E.A. et al. The prospect of using bacterial drugs against chickpea seed infection // *Zemledelie*. 2020. №2. Pp. 44-47. DOI:10.24411/0044-3913-2020-10211
6. Wondwosen Tena, Endalkachew Wolde-Meske, Fran Walley Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to inoculation with native and exotic Mesorhizobium strains in Southern Ethiopia // African Journal of Biotechnology. 2016. Vol. 15(35), pp. 1920-1929. DOI: 10.5897/AJB2015.15060
7. Singh Z., Singh G. Role of Rhizobium in chickpea (*Cicer arietinum*) production - A review // Agricultural Reviews. 39(1) 2018. pp. 31-39. DOI: 10.18805/ag.R-1699
8. Laranjeira S., Fernandes-Silva A., Reis S. et al. Inoculation of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi improve chickpea performance under water deficit conditions // Applied Soil Ecology. 2021. V. 164. P. 103927. DOI:10.1016/j.apsoil.2021.103927
9. Barrientos L., Badilla A., Mera M. et al. Performance of Rhizobium strains isolated from Lathyrus sativus plants growing in southern Chile // Lathyrus Lathyrism Newsletter. 2003. 3. pp. 8-9.

10. Gorbunov V.S., Zhuzhukin V.I., Zaitsev S.A. et al. Modern cultivation technology and grasspea varieties, adapted to the conditions of insufficient moisture in the lower Volga region // *Zemledelie*. 2015. №4. Pp. 47-48.
11. Khokhueva N.T., Tedeeva A.A., Tedeeva V.V. The role of biological products in increasing the productivity of grasspea // *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2018. № 8. Pp. 105-108.
12. Musaev M.A. Abaev A.A. Elements of technology for cultivating grasspea on chestnut soils of foothills Dagestan // *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2022. №1 (105). Pp. 90-96. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-1-105-90-97
13. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog. Orel, OOO PF «Kartush» Publ., 2022, 204 p.
14. Gur'ev G.P. The influence of the precursor on symbiotic nitrogen fixation in peas // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2015. №1 (13). Pp. 34-38.

ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА КОРМОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ ВИКИ МОХНАТОЙ ОЗИМОЙ (*VICIA VILLOSA* ROTH) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В КОНТРАСТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.В. ГОРБУНОВА, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4948-3627>

Е.В. ВЛАСОВА, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-3285-8186

Email: stevlas@yandex.ru

Т.Г. АЛЕКСАНДРОВА*, ORCID ID: 0000-0001-9152-4528

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
САДОВОДСТВА И ПИТОМНИКОВОДСТВА, г. МОСКВА
*ФИЦ ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА, г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Проведено изучение 45 образцов вики мохнатой (Vicia villosa Roth) из коллекции ВИР в полевом севообороте в климатических условиях юга Московской области. Образцы выращивали в однолетней культуре озимого типа в смеси с озимой пшеницей в 2018-2019 и 2019-2020 гг. Отмечена высокая контрастность погодных условий в период «начало отрастания – созревание семян». Более жаркие и засушливые условия в 2019 г. способствовали формированию семян в связи с ранним цветением и созреванием, а избыток осадков в 2020 г. благоприятствовал росту вегетативной массы, но не семенной продуктивности. По результатам двух лет изучения выделены образцы, которые превосходили стандартный сорт Серпуховская по показателям адаптивности и стабильности накопления сухого вещества в зеленой массе, по массе 1000 семян, скороспелости, высокорослости и короткостебельности.

Ключевые слова: вика мохнатая, вика озимая, *Vicia villosa*, адаптивность, кормовая продуктивность.

Для цитирования: Горбунова Ю.В., Власова Е.В., Александрова Т.Г. Оценка адаптивного потенциала кормовой продуктивности образцов вики мохнатой озимой (*Vicia villosa Roth*) из коллекции ВИР в контрастных погодных условиях Московской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):80-89. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-80-89

EVALUATION OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF THE FEED PRODUCTIVITY OF THE HAIRY VETCH (*VICIA VILLOSA* ROTH) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION IN CONTRAST WEATHER CONDITIONS IN THE MOSCOW PROVINCE

Yu. V. Gorbunova, E. V. Vlasova, T. G. Aleksandrova*

FSBSO FEDERAL HORTICULTURAL CENTER FOR BREEDING, AGROTECHNOLOGY AND NURSERY (FSBSO ARHC BAN), MOSCOW

*FEDERAL RESEARCH CENTER N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES (VIR), ST. PETERSBURG

Abstract: 45 accessions of hairy vetch (*Vicia villosa Roth*) from the VIR collection were studied in field crop rotation in the climatic conditions of the south of the Moscow region. The accessions were grown in an annual winter crop mixed with winter wheat in 2018-2019 and 2019-2020. A high contrast of weather conditions was noted during the period “beginning of regrowth –

seed maturity”. Hotter and drier conditions in 2019 promoted seed productivity due to early flowering and maturation, while excess rainfall in 2020 favored vegetative mass growth but not seed productivity.

Based on the results of two years of study, accessions were identified that were superior to the standard ‘Serpukhovskaya’ cultivar in terms of adaptability and stability of dry matter accumulation in green mass, weight of 1000 seeds, early ripeness, tallness and short stemness.

Keywords: hairy vetch, winter vetch, *Vicia villosa*, adaptability, feed productivity.

Введение

Вика мохнатая (*Vicia villosa* Roth) – высокопродуктивная кормовая культура, которую в Российской Федерации возделывают в озимом и яровом посевах. Биотипический состав (яровые, полуяровые, полуозимые и озимые биотипы) сортовых популяций определяет адаптивность к условиям произрастания [1]. Наиболее эффективным способом возделывания вики мохнатой считается озимый посев с зерновыми озимыми злаками для получения корма в весенний и раннелетний период [2, 3]. Несмотря на высокую кормовую ценность и использование в промежуточных посевах, вика мохнатая озимая не подвергалась тщательной селекционной проработке. Поэтому не решены проблемы скороспелости, одновременного созревания, устойчивости к полеганию, к неблагоприятной перезимовке. Имеющиеся сорта выведены в основном методом отбора из популяций. Отсутствие гарантированной зимостойкости сдерживает широкое распространение этого вида вики в РФ [4].

Видовое разнообразие вики мохнатой характеризуется различными фенологическими характеристиками, термочувствительностью, интенсивностью роста и побегообразования, уровнем потенциального и реального плодообразования и рядом других характеристик, обуславливающих адаптивные способности и эффективность возделывания в определенных природно-климатических условиях [5- 8]. Имеющихся данных о генетическом разнообразии вики мохнатой, параметрах ее изменчивости и потенциальной адаптации к различным факторам окружающей среды немного. Экологические испытания позволяют надежно оценить стабильность урожайности и продуктивности селекционного материала при наличии близкого к двукратному превышению показателей одного года над другим [9, 10].

Цель работы – выявить образцы *V. villosa* с высокой стабильностью показателей продуктивности укосной (кормовой) массы в условиях юга Московской области.

Материалы и методы

Коллекция ВИР насчитывает примерно 400 образцов вики мохнатой (*Vicia villosa* Roth). Изучали 45 образцов, представленных дикорастущими и сорнополевыми формами, староместными сортами и селекционным материалом происхождения из Российской Федерации (Воронежская, Калининградская, Курская, Московской области, республика Дагестан, Краснодарский край, республика Чувашия) и 15 стран (Австралия, Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Венгрия, Италия, Канада, Латвия, Литва, Молдова, Польша, Украина, Туркмения, Франция). Опыт закладывали в природно-климатических условиях юга Московской области (Михнево, Ступинский район) на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах, в полевом севообороте. Исследования проводили согласно методике ВИР [11]. Образцы выращивали в однолетней культуре озимого типа в 2018-2019 и 2019-2020 гг. Стандартом служил сорт Серпуховская (к-33647, Московская обл.). В качестве поддерживающей культуры использовали короткостебельный неполегающий сорт озимой пшеницы Dominator (Англия) с толстой соломиной. Посев вико-пшеничной смеси (1:1) проводили в 2018 и 2019 гг. в первой декаде сентября на делянках площадью 2 м², рядовым способом селекционной сеялкой Клен-1,5 с нормой высева 100 семян на 1 м². Отбор проб для оценки продуктивности вегетативной массы вики мохнатой осуществлялся из средней части делянки на 10-й день после начала цветения. Оценивали длину главного стебля, вес вегетативной массы растения (сырой и сухой), процентное содержание сухого вещества. Для получения семенных репродукций осуществляли ручную уборку в снопы. Снопы досушивали и обмолачивали комбайном Сампо 130. Перед уборкой отбирали по 10 растений из средней части делянки для анализа элементов семенной продуктивности. Статистическую

обработку данных осуществляли с помощью программы Excel 2016 с надстройкой XLSTAT. Эффект взаимодействия "генотип – среда" по продуктивности сухой массы оценивали по следующим показателям: компенсаторной способности – среднему за 2 года наблюдений (Хср.), стрессоустойчивости – разнице между максимальным и минимальным значением (Хmax-Хmin), коэффициенту фенотипической стабильности – несмещенной дисперсии S^2 по Roemer (1917), коэффициенту вариации (CV) по Francis & Kannenberg (1978), индексу стабильности (ИС) по Удачину (1990) и Cheshkova et al., (2020), коэффициенту адаптивности (Кад). по Животкову и др. (1994), комплексному показателю уровня продуктивности и стабильности сорта (образца) (ПУСС) по Неттевичу и др. (1985). Погодные условия оценивали по показателям среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков по данным метеостанции п. Михнево.

Результаты и обсуждение

Жизненный цикл растений вики мохнатой при озимом посеве подразделяется на период осенней вегетации в год посева, период покоя зимой и период весенне-летней вегетации следующего календарного года [2].

Показатели среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков в течение вегетационных периодов вики мохнатой озимой в 2018-2019, 2019-2020 гг. показан на рис. 1 а, 1 б.

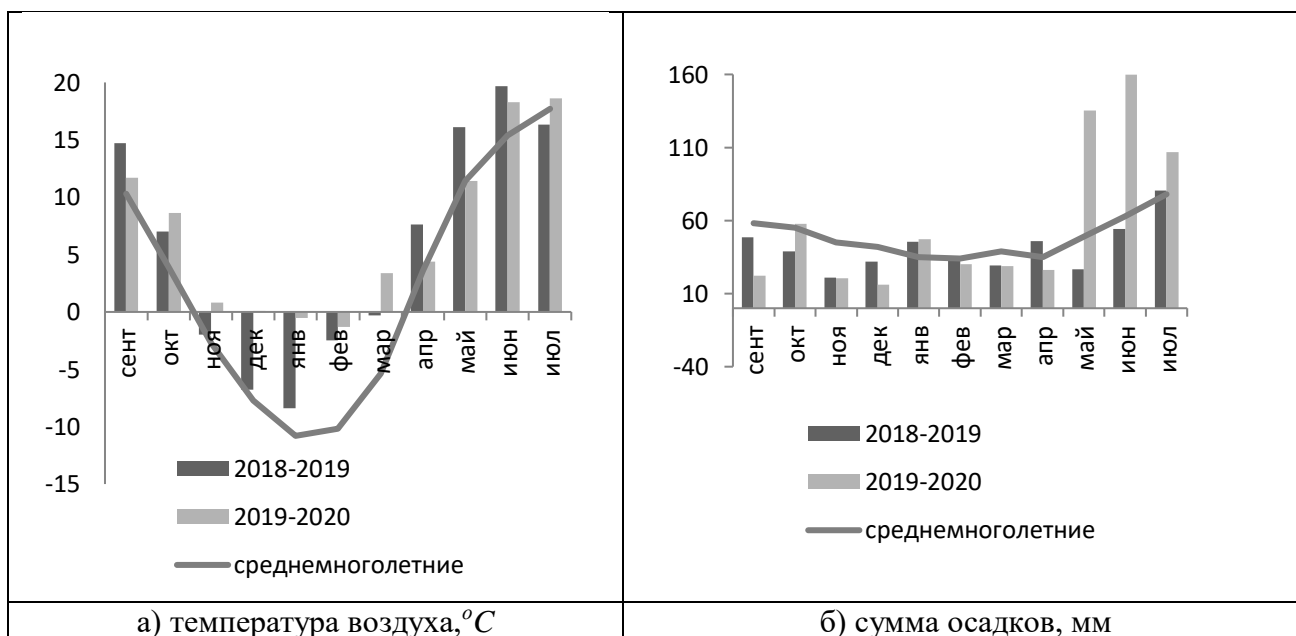


Рис. 1. Характеристики погодных условий в 2018-2019 и 2019-2020 гг. в периоды жизненного цикла образцов вики мохнатой, п. Михнево Московской области.

Вегетационный период 2018-2019 гг. Осенне-зимний период 2018-2019 г. был теплее нормы с недобором осадков. Температуры воздуха превышали средне многолетние значения в среднем за осень на $2,7^{\circ}\text{C}$, за зиму – на $3,7^{\circ}\text{C}$. Первые ночные заморозки начали отмечать с 9 октября. В течение зимнего периода не наблюдали резких перепадов среднесуточных температур воздуха, значительных оттепелей и экстремально низких температур. Температурный минимум -20°C отмечали 23 и 24 января. В остальные дни показания термометра были выше отметки -17°C .

Весна и начало лета (июнь) 2019 г. характеризовались превышением средне многолетних показателей температуры воздуха на $4,6^{\circ}\text{C}$, ранним сходом снежного покрова (2 апреля), нерегулярным выпадением осадков с длительными периодами засухи (в течение одной-двух декад). Засушливый период с 16 мая до 13 июня сопровождался повышенными температурами воздуха, которые в дневные часы достигали $+30^{\circ}\text{C}$. Такие условия способствовали завершению вегетативного роста растений. Но поскольку,

засушливый период сменился периодом регулярного выпадения осадков, сроки созревания семян варьировали по образцам в связи с их различной реакцией на условия среды.

Вегетационный период 2019-2020 гг. Первый осенний заморозок (-1,4°C) в 2019 г. отметили 24 сентября – на 15 дней раньше, чем в 2018 году. Среднемесячные температуры воздуха с октября 2019 г. по март 2020 г. были выше, чем в предыдущий период на 1,2...3,7°C. Почти всю зиму температура воздуха колебалась между положительными и отрицательными значениями. Неизменно отрицательные температуры в течение суток отмечали в очень короткий период с 4 по 11 февраля. Температурный минимум (-16°C) фиксировали 9 февраля. Устойчивый снежный покров сошел 20 февраля 2020 г., что на 42 дня раньше по сравнению с 2019 г.

Весна 2020 г. характеризовалась теплым мартом с превышением среднесезонных значений температуры воздуха на 8,8°C, апрель и май были на уровне нормы. Среднемесячные температуры воздуха с апреля по июнь были выше на 1,4...4,7°C, чем в 2019 г. Осадков в марте и апреле было недостаточно. Недостаток запасов влаги в почве с избытком компенсировали ливневые дожди в мае и июне и в I-II декадах июля. Количество осадков, выпавших за эти три месяца (402 мм) в 2 раза превышало норму. Избыток осадков на фоне умеренных температур воздуха способствовал формированию обильной биомассы, но блокировал репродуктивное развитие растений.

Межгодовая изменчивость фенологических показателей образцов вики мохнатой. Фенологические даты начала основных фенологических фаз и продолжительность прохождения фенологических фаз в период вегетации у образцов вики мохнатой озимой представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Даты начала основных фенологических фаз у образцов вики мохнатой при осеннем посеве, Московская обл.

Периоды жизненного цикла	2018-2019 гг.	2019-2020 гг.
Осенняя вегетация в год посева:		
дата посева	06.09.2018	03.09.2019
появление всходов	23.09.2018	20.09.2019
Период покоя зимой	даты ухода в период покоя не установлены	
Период весенне-летней вегетации:		
начало весеннего отрастания	08.04.2019	12.04.2020
начало цветения	01-07.06.2019	15-21.06.2020
начало созревания семян	23.06.-12.07.2019	10-14.07.2020

Таблица 2

Продолжительность прохождения фенологических фаз периода весенне-летней вегетации в 2019, 2020 гг. у образцов вики мохнатой осеннего посева 2018, 2019 гг.

Фенологические фазы	Med (min-max.), дней		Парный t-тест для средних			
	2019	2020	t _{факт.}	t ₀₅	t ₀₁	
начало отрастания – цветение	57,4 (54-60)	67,4 (64-70)	32,12	1,99	2,63	t _{факт.} >t ₀₁
цветение – созревание семян»	25,1 (19-40)	23,7 (22-25)	1,82			t _{факт.} <t ₀₅
начало отрастания – созревание семян	82,5 (75-94)	91,1 (89-93)	11,22			t _{факт.} >t ₀₁

В умеренно засушливых условиях как в 2018 г., так и 2019 г. всходы появились на 17-й день после посева. Оба периода покоя вики мохнатой характеризовались мягким температурным режимом и отсутствием длительного застоя талых вод, что способствовало высокой сохранности растений. Начало весеннего отрастания в 2020 г. отмечали на 4 дня

позже, чем в 2019 г. Цветение вики в 2020 г началось в среднем на 13 дней позднее, чем в 2019 г. Отставание сроков цветения в 2020 г. по сравнению с 2019 г., вероятно, связано с меньшими среднесуточными температурами воздуха (на 2,2°C) в период начало отрастания – цветение (в 2019 г. – 13,5°C, а в 2020 г. – 11,3°C). Продолжительность этого периода в среднем по всем образцам в 2020 г. была на 9 дней больше, чем в 2019 г. ($t_{\text{факт.}} > t_{01}$, табл. 2). Внутри изучаемой группы образцов даты начало цветения варьировали в пределах 7 дней, как в 2019 г, так и в 2020 г. Отмечены образцы, которые ежегодно характеризовались наиболее поздними сроками цветения: к-30690 Местная (Украина), Полтавская 25 (к-34284, Украина), к-34407 JHAR (Венгрия), к-30459 (Латвия), к-34408 (Италия), Юбилейная (к-35973, Чувашия). Самой короткой продолжительностью периода начало отрастания – цветение в среднем за 2 года (60,0-60,5 дней) характеризовались образцы к-30464 (Латвия) и к-30680 Чешская (Украина).

Среднесуточная температура воздуха в период цветение – созревание семян в 2019 г. (20,1°C) незначительно превышала показатели 2020 г. (19,8°C). Достоверной разницы продолжительности периода цветение – созревание семян в среднем по образцам в эти года не установлено ($t_{\text{факт.}} < t_{05}$, табл. 2). Однако полиморфизм этого показателя в пределах изучаемой группы образцов был различным. В 2019 г. размах изменчивости составил 21 день (от 19 до 40), а в 2020 г. не превышал трех дней (от 22 до 25). Самый короткий период цветение – созревание семян (19-23 дня в 2019 г. и 21-23 дня в среднем за два года) был у следующих образцов: к-34897 Сорнополевая (Беларусь), к-31080 (Украина), к-30952 Местная (Украина), к-32211 Дикорастущая (Дагестан), к-30460 (Латвия), Чебоксарка (к-33306, Чувашия), к-35354 Сорнополевая (Азербайджан), к-34963 Kunszallasi (Венгрия), к-33469 (Дагестан), к-31150 Vese Vele (Франция), к-34964 Komadii (Венгрия), к-701 (Краснодарский край), Молдаванка (к-35312, Молдова), кк-30463, 30461 (Латвия). Наиболее продолжительным периодом цветение – созревание семян (35-40 дней в 2019 г. и 28,5-32,5 дней в среднем за два года) характеризовались образцы к-30671 (Украина), Бурштынская местная (к-30681, Украина), к-30680 Чешская (Украина), к-30472 (Литва), Львовская (к-30672, Курская обл.).

Длительность периода начало отрастания – созревание семян составляла в 2019 г. – 75-94 дня, в 2020 г. – 89-93 дня. Максимальную продолжительность этого периода (в среднем за 2 года 91,5-93,5 дней) имели вышеперечисленные позднеспелые образцы с наиболее продолжительным периодом цветение – созревание семян. Самыми скороспелыми с минимальной длительностью периода начало отрастания – созревание семян были образцы к-31080 (Украина) и к-34897 Сорнополевая, Беларусь (в среднем за 2 года 82,5-83,0 дней).

Характеристика образцов вики мохнатой по укусным показателям вегетативной массы и их межгодовая изменчивость. В засушливых условиях 2019 г. укусные показатели были ниже, чем в 2020 г. с избыточным увлажнением: по длине главного стебля – в среднем в 2,1 раза, по весу вегетативной массы с растения: сухому – в 5,0 раз, сырому – в 8,0 раз. В 2019 г. доля сухих веществ в надземной массе была 1,7 раз выше, по сравнению с 2020 г. Межгодовые различия достоверны, $t_{\text{факт.}} > t_{01}$ (табл. 3).

Таблица 3

Характеристики вегетативной (укусной) массы и масса 1000 семян у образцов вики мохнатой озимой в годы изучения, в среднем по образцам

Показатели	Годы		Парный t-тест для средних			
	2019	2020	$t_{\text{факт.}}$	t_{05}	t_{01}	
Длина главного стебля, см	95,0±1,6	197,3±3,5	26,4	1,99	2,63	$t_{\text{факт.}} > t_{01}$
Вес сырой вегетативной массы с растения, г	29,5±2,2	236,1±12,8	15,8			$t_{\text{факт.}} > t_{01}$
Вес сухой вегетативной массы с растения, г	9,1±0,6	45,1±4,0	9,0			$t_{\text{факт.}} > t_{01}$
% сухого вещества	31,1±0,7	18,2±0,7	12,2			$t_{\text{факт.}} > t_{01}$
Масса 1000 семян, г	38,3±0,6	39,6±0,5	1,7			$t_{\text{факт.}} < t_{05}$

Анализ корреляционных связей характеристик укосной массы образцов в оба года наблюдений показал, что связь показателей сырого и сухого веса укосной массы с растения была высокая и положительная ($r=0,91...0,94$). Зависимость этих показателей от высоты растения прямая, но средняя ($r=0,53...0,67$), поскольку у вики мохнатой существенное влияние на формирование вегетативной массы оказывает не только рост в высоту, но и ветвление. Прямая, но умеренная связь продолжительности периода начало отрастания – цветение с сырым и сухим весом вегетативной массы ($r=0,36...0,38$) свидетельствует о том, что образцы характеризуются различными темпами роста, ветвления и накопления сухих веществ.

Пределы изменчивости длины стебля, веса вегетативной массы сырой и сухой, % сухого вещества в отдельные годы показаны на рис. 2.

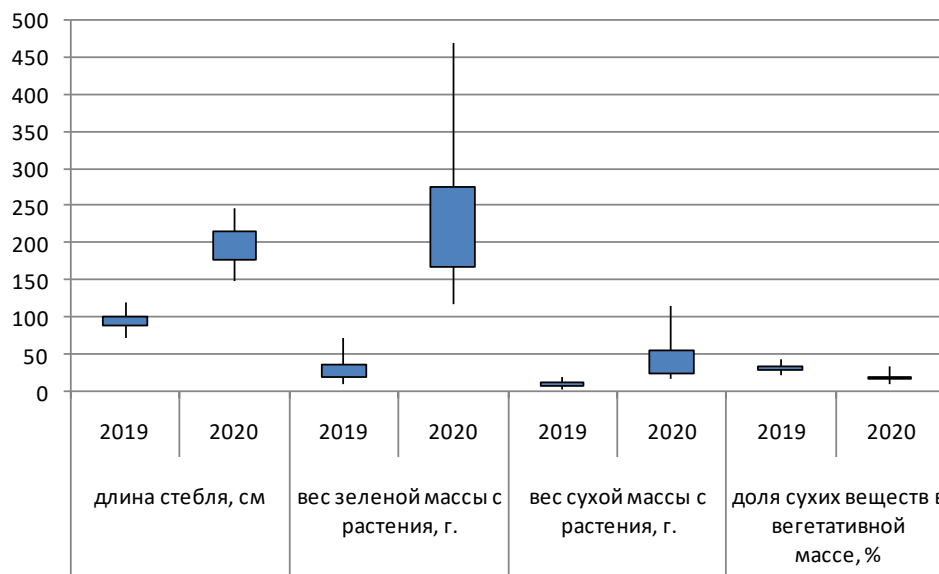


Рис. 2. Варьирование характеристик зеленой массы у изучаемых образцов вики мохнатой озимой в 2019 и 2020 гг. («короб» показывает значения между первым и третьим квартилями, а «усы» – минимальные и максимальные значения).

Длина стебля у изучаемых образцов в 2019 г. варьировала в пределах 72...120 см, в 2020 г. от 149 до 247 см. Были выделены образцы, ежегодно превышавшие по этому показателю стандартный сорт (147 см в среднем за 2 года): к-30411 (Латвия), к-34897 Сорнополевая (Беларусь), Полтавская 25 (к-34284, Украина), к-30459 (Латвия), к-34259 (Канада) – 149...169 см в среднем за 2 года. Поскольку короткостебельность также может быть предпочтительным признаком в селекции, были выделены образцы, ежегодно уступавшие стандарту по высоте растения: к-34842 (Австралия), Молдаванка (к-35312, Молдова), Туркменская 54 (к-34582, Туркмения), Бурштынская местная (к-30681, Украина), Чебоксарка (к-33306, Чувашия), к-33469 (Дагестан) – 117...140 см в среднем за 2 года.

Вес зеленой массы с растения в 2019 г. изменялся в пределах 9...71 г (сырой) и 3...19 г (сухой). В 2020 г. показатели варьировали в пределах 118...470 г (сырой) и 17...115 г (сухой). Ежегодно превосходили по этим показателям стандарт Серпуховская (в среднем за 2 года: сырой вес 188 г, сухой вес 43 г) образцы к-30459 (Латвия), к-31150 Vese Vele (Франция), к-34259 (Канада) – в среднем за 2 года: сырой вес 215...250 г, сухой вес 58...63 г.

Наибольшим содержанием сухих веществ в вегетативной массе – 31,7% (в среднем за 2 года) характеризовался образец к-34408 (Италия), который превосходил стандарт в среднем за 2 года на 29,9% по этому показателю.

Адаптивность и стабильность веса сухой массы с растения у образцов вики мохнатой. Установлена высокая положительная корреляция между показателями

компенсаторной способности $X_{ср.}$, стрессоустойчивости $X_{max}-X_{min}$ и коэффициентом фенотипической стабильности S^2 ($r = 0,93...0,96$). Положительно коррелировали с перечисленными показателями коэффициент вариации CV ($r=0,60...0,79$), коэффициент адаптивности Кад. ($r=0,63...0,84$) и ПУСС ($r=0,33...0,48$). При этом связь CV с Кад. и ПУСС отсутствовала ($r=0,12$, и $-0,15$, соответственно, $t_{факт.}<t_{05}$). Отмечена также прямая связь ПУСС с коэффициентом адаптивности Кад. и индексом стабильности ИС ($r=0,66$ и $0,86$, соответственно). Достоверная обратная зависимость установлена только в одном случае – между коэффициентом вариации CV и индексом стабильности ИС ($r= -0,46$)

Показатели адаптивности и стабильности образцов вики мохнатой озимой по весу сухой массы с растения представлены в таблице 4. Несмотря на неоднозначную взаимосвязь показателей адаптивности и стабильности, были выделены образцы, которые превышали стандартный сорт по комплексу показателей ($X_{ср.}$, $X_{max}-X_{min}$, S^2 , Кад., ИС, ПУСС): кк-34259, 30672, 30459, 31150, 30690. Коэффициент вариации вышеперечисленных образцов ($100,3...130,5\%$) был выше 100%. Кроме перечисленных, отмечены образцы кк-713, 35973, 34284, 34407, 34844, которые характеризовались сочетанием высоких значений по показателям Кад., ИС и ПУСС. Образец к-34844 оказался лидером среди всех образцов по показателям ПУСС и ИС.

Таблица 4

Образцы вики мохнатой озимой с высокими показателями* адаптивности и стабильности веса сухой массы с растения (Московская область, 2019, 2020 гг)

№ образца по каталогу ВИР, название, происхождение	$X_{ср.}$	S^2	CV	$X_{max}-X_{min}$	ИС	Кад.	ПУСС
к-713 без названия (б/н), Тульская обл.	23	50	31	10	75	1,3	113
к-30459 б/н, Латвия	58	5408	127	104	46	1,5	175
к-30672 Льговская, Курская обл.	52	4608	131	96	40	1,3	136
к-30690 Местная, Украина	58	5513	129	105	45	1,5	169
к-31150 Vese Vele, Франция	63	5513	119	105	53	1,8	216
к-34259 б/н, Канада	59	3445	100	83	58	2,0	225
к-34284 Полтавская 25, Украина	40	1250	88	50	45	1,5	119
к-34407 JHAR, Венгрия	29	288	59	24	50	1,4	95
к-34844 б/н, Польша	18	1	4	1	433	1,2	499
к-35973 Юбилейная, Чувашия	39	761	72	39	54	1,7	136
к-33647 Серпуховская, Московская обл. (стандарт)	43	2738	122	74	35	1,2	100

*Примечание. ($X_{ср.}$) – компенсаторная способность (среднее за 2 года наблюдений), ($X_{max}-X_{min}$) – стрессоустойчивость (разница между максимальным и минимальным значением), S^2 – коэффициент фенотипической стабильности (несмещенная дисперсия), (CV) – коэффициент вариации, ИС – индекс стабильности, (Кад) – коэффициент адаптивности, (ПУСС) – комплексный показатель уровня продуктивности и стабильности сорта (образца).

Оценка образцов вики мохнатой по семенной продуктивности. Проблема с получением семян у вики мохнатой озимой является крайне острой, что подтвердили результаты испытания в условиях Московской области. В умеренно-засушливых условиях 2019 г. получали от 2,0 до 7,8 г с растения. Наибольшей семенной продуктивностью (6,0-7,8 г) характеризовались образцы: кк-30463, 30460 из Латвия, к-30447 Kisverdai-286 (Венгрия), к-34844 (Польша), к-30411 (Латвия), которые превосходили стандарт на 1,9-3,7 г. Повышенная семенная продуктивность перечисленных образцов была обусловлена удачным сочетанием крупносемянности (масса 1000 семян от 40 до 44 г) и количества бобов на

растении (57,4-73,4 шт.). Достоверные коэффициенты корреляции указывают на наличие прямой связи длины стебля с семенной продуктивностью ($r = 0,52$), числом бобов на растении ($r = 0,53$) и массой 1000 семян ($r = 0,45$).

В 2019 году избыток осадков способствовал длительному массивному росту побегов, который привел к полеганию растений вики и опорной культуры (озимой пшеницы) с формированием плотной, прелой массы, из которой было сложно выделить целые растения. Поэтому учет семенной продуктивности не проводился, но было отмечено, что семена сформировались только на единичных побегах и в малых количествах (от 2,8 до 34,3 г с деланки).

Достоверных межгодовых различий по массе 1000 семян в среднем по коллекции не установлено, $t_{\text{факт.}} < t_{05}$ (табл. 3). По данным за 2 года, масса 1000 семян вики озимой колебалась по образцам от 31 до 49 г. Ряд образцов ежегодно превосходили по этому показателю стандартный сорт Серпуховская (36 г в среднем за 2 года). Выделившиеся образцы Полтавская 25 (к-34284, Украина), к-30728 Местная (Беларусь), к-30447 Kisverdai-286 (Венгрия), к-34894 (Италия), к-34414 (Болгария), к-30463 (Латвия) в среднем за 2 года показывали массу 1000 семян от 40,0 г до 46,5 г.

Заключение

Погодные условия в весенне-летний периоды прохождения фенологических фаз начало отрастания – созревание семян вики мохнатой озимой в 2019 и 2020 гг. были контрастными по температурным показателям и режиму влагообеспеченности. В среднем по изучаемой выборке образцов отмечено, что более жаркие и засушливые условия 2019 г. способствовали более раннему цветению (в среднем на 13 дней), более высокой доле накопления сухих веществ в кормовой массе растений (в 1,7 раз) и благоприятствовали формированию семян (от 2,0 до 7,8 г с растения). В 2020 г. с избыточным увлажнением укосные показатели были выше: по длине главного стебля – в среднем в 2,1 раза, по весу сухой вегетативной массы с растения в 5,0 раз, сырой – в 8,0 раз, но качественные семена с малоурожайных деланок не получены.

По результатам оценки образцов вики мохнатой озимой из коллекции ВИР в контрастных погодных условиях 2018-2019, 2019-2020 гг. в условиях Московской области были выделены образцы, которые превосходили стандартный сорт Серпуховская по следующим признакам:

- продуктивность сухого вещества (ежегодно), ее адаптивность и стабильность (Хср., $X_{\text{max}}-X_{\text{min}}$, S^2 , Кад., ИС, ПУСС): высокорослый и поздно зацветающий к-30459 из Латвии, высокорослый к-34259 из Канады и к-31150 Vese Vele из Франции, отличившийся также коротким периодом цветения – созревание семян;

- адаптивность и стабильность продуктивности сухой укосной массы (по Хср., $X_{\text{max}}-X_{\text{min}}$, S^2 , Кад., ИС, ПУСС): поздно зацветающий к-30690 (Местная, Украина) и сорт Льговская (к-30672, Курская обл.) с длительным периодом цветения – созревание семян; (по Кад., ИС и ПУСС): к-34844 из Польши, к-713 из Тульской области, поздно зацветающие к-34407 JHAR из Венгрии и сорт Юбилейная (к-35973, Чувашия), поздно зацветающий, длинностебельный, крупносемянный сорт Полтавская 25(к-34284, Украина);

- высокий % сухих веществ в укосной массе: позднецветущий к-34408 из Италии;

- крупносемянность: к-30447 Kisverdai-286 из Венгрии, к-30728 Местная из Беларуси, к-34414 из Болгарии, к-34894 из Италии и к-30463 из Латвии, отличившийся также коротким периодом цветения – созревание семян;

- короткостебельность: сорт Туркменская 54 (к-34582, Туркмения), к-34842 из Австралии, Чебоксарка (к-33306, Чувашия); отличившиеся также коротким периодом цветения – созревание семян к-33469 из Дагестана и Молдаванка (к-35312, Молдова); короткостебельный сорт Бурштынская местная (к-30681, Украина) характеризовался поздними сроками созревания семян из-за продолжительного периода цветения – созревание семян;

– длинностебельность: к-30411 (Латвия) и к-34897 Сорнополевая (Беларусь), выделенный также по признакам скороспелости и короткому периоду цветения – созревание семян;

– скороспелость: к-31080 (Украина);

– рано зацветающие образцы: к-30464 (Латвия), к-30680 Чешская (Украина) с поздними сроками созревания семян из-за продолжительного периода цветения – созревание семян.

Проведенные исследования показали ценность экологических испытаний и возможность выявления адаптивного потенциала агрономически значимых признаков для селекции вики мохнатой в озимом посеве.

Работа выполнена согласно плану НИР в рамках государственных заданий ФГБНУ ФНЦ Садоводства по теме № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями» и ФИЦ ВИР по теме №FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

Литература

1. Александрова Т.Г., Ковина О.И., Шеленга Т.В., Новикова Л.Ю., Вишнякова М.А. Результаты изучения вики мохнатой (*Vicia villosa* Roth) в моно- и бинарных агрофитоценозах при весеннем посеве в условиях северо-запада РФ. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2015. – Т. 176. – № 3. – С. 280-298. <https://doi.org/10.30901/10.30901/2227-8834-2015-3-280-298>
2. Парахин Н.В., Золотарёв В.Н., Лаханов А.П., Тюрин Ю.С. Вика мохнатая (*Vicia villosa* Roth) в кормопроизводстве России. Монография. – Орел: Изд-во Орел ГАУ. – 2010. – 508 с.
3. Beck P., Jennings J., Rogers J. Management of pastures in the upper south: The I-30 and I-40 Corridors – In book: Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures. 2020. pp.189-226. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814474-9.00008-6>
4. Вишнякова М.А., Александрова Т.Г., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Егорова Г.П., Семенова Е.В., Сеферова И.В., Суворова Г.Н. Видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и его использование в отечественной селекции (обзор). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – № 2. – С. 109-123. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-109-123>
5. Shin C.N., Ko K.H., Kim J.T., Lee J.K., Seo S., Seong B.-R., Choi Gi.-J., Kim J.-D., Oh M.-G. Growth Characteristics and Productivity of New Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Early-Maturing ‘Cold Green’ and Medium-Late Maturing ‘Cheong Pa’. Journal of The Korean Society of Grassland Science. 2007. Vol. 27. Is. 4. pp. 257-262. <https://doi.org/10.5333/KGFS.2007.27.4.257>
6. Kosev V., Vasileva V. Ecological sustainability and stability of quantitative signs in vetch (*Vicia villosa*) varieties. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2019. 89(7): 1108-1114 <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i7.91652>
7. Tarekegn, A. Adaptability of vetch (*Vicia* spp.) for potential feed production in Gumara-Maksegnit watershed, North Gondar, Ethiopia. Livestock Research for Rural Development. 2014. 26(7), pp. 1-5.
8. Renzi JP, Chantre GR, Smýkal P, Presotto AD, Zubiaga L, Garayalde AF, Cantamutto MA. Diversity of Naturalized Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Populations in Central Argentina as a Source of Potential Adaptive Traits for Breeding. Front. Plant Sci., 2020.11:189. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00189>
9. Коновалов Ю. Б., Сулейман А. А., Скорняков Н. Н. Оценка стабильности урожайности и формирующих ее показателей сортов яровой пшеницы в условиях Центрального региона // Известия ТСХА. – 2005. – Вып. 2. – С. 29-40.
10. Ившин Г. И., Ившина В. В. Хозяйственная и экологическая оценки сортов вики посевной в лесостепной зоне Центрального региона РФ // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов. - 2017.- Вып. 15 (63).- С.42-51.
11. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Яньков И.И., Булынец С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания / (2-е издание, переработанное и дополненное). Санкт-Петербург, - 2018.- 143 с. DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5

References

1. Aleksandrova T.G., Kovina O.I., Shelenga T.V., Novikova L.Yu., Vishniyakova M.A. Results of studying hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) in mono- and binary agrophytocoenoses at spring planting under the conditions of the northwest of the Russian Federation. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2015;176(3):280-298. (In Russian). <https://doi.org/10.30901/10.30901/2227-8834-2015-3-280-298>

2. Parakhin N.V., Zolotarev V.N., Lakhanov A.P., Tyurin Yu.S. Vika mokhnataya (*Vicia villosa* Roth) v kormoproizvodstve Rossii [Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) in Russian feed production]. *Monograph*. Orel: Izd-vo Orel GAU, 2010. – 508 p. (In Russian).
3. Beck P., Jennings J., Rogers J. Management of pastures in the upper south: The I-30 and I-40 Corridors – In book: *Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures*, 2020. pp.189-226. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814474-9.00008-6>
4. Vishnyakova M.A., Aleksandrova T.G., Buravtseva T.V., Burlyaeva M.O., Egorova G.P., Semenova E.V., Seferova I.V., Suvorova G.N. Species diversity of the VIR collection of grain legume genetic resources and its use in domestic breeding. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(2):109-123. (In Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-109-123>
5. Shin C.N., Ko K.H., Kim J.T., Lee J.K., Seo S., Seong B.R., Choi Gi.J., Kim J.D., Oh M.-G. Growth Characteristics and Productivity of New Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Early-Maturing ‘Cold Green’ and Medium-Late Maturing ‘Cheong Pa’. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*. 2007. Vol.27. Is. 4. pp. 257-262. <https://doi.org/10.5333/KGFS.2007.27.4.257>
6. Kosev V., Vasileva V. Ecological sustainability and stability of quantitative signs in vetch (*Vicia villosa*) varieties. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2019. 89(7): 1108-1114. <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i7.91652>
7. Tarekegn, A. Adaptability of vetch (*Vicia* spp.) for potential feed production in Gumara-Maksegnit watershed, North Gondar, Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*. 2014-26(7), pp. 1-5.
8. Renzi JP, Chantre GR, Smýkal P, Presotto AD, Zubiaga L, Garayalde AF, Cantamutto MA. Diversity of Naturalized Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Populations in Central Argentina as a Source of Potential Adaptive Traits for Breeding. *Front. Plant Sci.*, 2020.11:189. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00189>
9. Kononov Yu. B., Suleiman A. A., Skornyakov N. N. Otsenka stabil'nosti urozhaynosti i formiruyushchikh yeye pokazateley sortov yarovoy pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo regiona [Assessment of the stability of yield and the indicators that form it of spring wheat varieties in the conditions of the Central region]. *Izvestia TSKhA*, 2005. Vol. 2. pp. 29–40. (In Russian).
10. Ivshin G.I., Ivshina V.V. Khozyaystvennaya i ekologicheskaya otsenki sortov viki posevnoy v lesostepnoy zone Tsentral'nogo regiona RF [Economic and environmental assessment of vetch varieties in the forest-steppe zone of the Central region of the Russian Federation]. *Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo*, 2017, Vol. 15 (63), pp.42-51. (In Russian).
11. Vishniyakova M.A., Seferova I.V., Buravtseva T.V., Burlyaeva M.O., Semenova E.V., Filipenko G.I., Aleksandrova T.G., Egorova G.P., Yankov I.I., Bulyntsev S.V., Gerasimova T.V., Drugova E.V. VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying. *Methodical instructions*. St. Petersburg, 2018. 143 p. (In Russian). DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5

ГЕНЕТИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВЕРХКРУПНОЗЕРНОСТИ ГРЕЧИХИ

Н.Н. ФЕСЕНКО, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

Крупнозерность является желательным признаком при производстве крупы из гречихи. Пределы ее повышения, очевидно, ограничены, но точно не известны. Для изучения свойств сверхкрупнозерности у гречихи было проведено самоопыление самофертильных крупнозерных растений из популяции гибридного происхождения (крупнозерный сорт Троянда × гомостилия Гд1), с дальнейшим ранжированием по размеру семян и анализом потомств. В начале созревания с отобранных растений были удалены побеги с семенами, которые использовались в качестве частично аутбредного контроля (Гд1 без изоляции склонна к перекрестному опылению). Оставшиеся побеги на этих растениях обрывали до бутонов и изолировали. 226 самоопыленных растений были разделены на 6 групп по массе 1000 зерен (M_{1000}): 1) $M_{1000} < 30$ г (14 растений), 2) $M_{1000} = 30-34,9$ г (44 растения), 3) $M_{1000} = 35-39,5$ г (72 растения), 4) $M_{1000} = 40-44,9$ г (38 растений), 5) $M_{1000} = 45-49,9$ г (34 растения), 6) $M_{1000} > 50$ г (24 растения). Семена, собранные с растений в пределах каждой группы, были смешаны: получено 6 популяций для последующего анализа. По признаку «масса сухого растения» степень инбредной депрессии практически не зависела от варианта опыта, в то время, как по числу и массе плодов с растения снижение величины признака сильнее проявилось у наиболее крупноплодных вариантов. В нашем эксперименте явная граница по M_{1000} , пересечение которой приводит к резкому снижению зерновой продуктивности растения, прошла при превышении показателя 40 г. В практической селекции этот показатель значительно ниже. Существенная зависимость инбредной депрессии по M_{1000} от величины этого признака свидетельствует о сильной зависимости проявления сверхкрупнозерности от гетерозиготности по генам, определяющим изменчивость этого признака.

Ключевые слова: гречиха, крупнозерность, зерновая продуктивность растения.

Для цитирования: Фесенко Н.Н. Генетико-физиологические особенности сверхкрупнозерности гречихи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):90-94. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-90-94

GENETIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF EXTRA-LARGE GRAIN IN BUCKWHEAT

N.N. Fesenko

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, OREL

Abstract: *Large grain is a desirable feature for the production of buckwheat groats. The possibility of its increase is obviously limited, but not known precisely. To study the inheritance of extra-large grain in buckwheat, we carried out self-pollination of self-fertile large-grain plants from a population of hybrid origin (large-grain variety Troyanda × homostyly HL1), with further ranking by seed size and analysis of the progeny. At the beginning of ripening, shoots with seeds were cut off from the selected plants: the cross-pollinated seeds were used as a control. Other shoots on these plants were isolated after removing of both all open flowers and developing seeds.*

226 the self-pollinated plants were divided into 6 groups according to the weight of 1000 seeds (M_{1000}): 1) $M_{1000} < 30$ g (14 plants), 2) $M_{1000} = 30-34.9$ g (44 plants), 3) $M_{1000} = 35- 39.5$ g (72 plants), 4) $M_{1000}=40-44.9$ g (38 plants), 5) $M_{1000}=45-49.9$ g (34 plants), 6) $M_{1000}> 50$ g (24 plants). Seeds collected from plants within each group were mixed: 6 populations for the analysis were obtained. For the trait “dry plant weight,” the degree of inbreeding depression did not depend on the experimental variant, while for the number and weight of fruits per plant, the decrease in the values of the traits was more significant in the largest-grain variants. In our experiment, the limit of the weight of 1000 seeds, exceeding which leads to a sharp decrease in the grain productivity of the plant, is at 40 g. In practical breeding, this value is much lower. The significant dependence of inbreeding depression for M_{1000} on the value of this trait indicates a strong dependence of the manifestation of extra-large grain size on heterozygosity for genes that determine the variability of this trait.

Keywords: buckwheat, large grain, grain productivity of a plant.

Введение

Родина гречихи обыкновенной – горные районы южного Китая [1]. В восточную Европу это растение попало по шелковому пути [1] или вместе с миграцией кочевников, о чем свидетельствуют некоторые ее местные названия (поганка, татарка). Скорее всего, поток генов гречихи с востока происходил неоднократно, что обусловило ее заметное разнообразие в Европе. В России эта культура адаптировалась к длинному летнему дню (потеряла фоточувствительность) [2], и короткому лету (скороспелость), вошла в рацион жителей и возделывалась много сотен лет [3]. За это время здесь сформировался скороспелый и мелкозерный генофонд, сохраняющий гетерогенность по основным признакам, включая размер зерна. Об этом свидетельствует успех селекционной работы в начале 20 века в Орловском регионе, когда путем многолетнего массового отбора и более раннего посева была получена более мощная (среднеспелая) и более крупнозерная (масса 1000 была повышена с 20 до 25 г) популяция – сорт с претенциозным названием Богатырь [4]. Этот сорт надолго стал стандартом во многих регионах России.

Крупнозерность является желательным признаком при производстве крупы. Пределы ее повышения, очевидно, ограничены, но точно не известны. Наиболее крупнозерный на данный момент сорт Троянда имеет массу 1000 семян более 35 г [5]. Дальнейшее увеличение данного показателя может ограничиваться особенностями генетического контроля сверхкрупнозерности, а также физиологическими особенностями крупнозерных форм с различной величиной данного признака.

Для изучения наследования сверхкрупнозерности у гречихи нами были получены самоопыляющиеся (гомостильные) варианты крупнозерных растений. Было проведено массовое самоопыление самофертильных крупнозерных растений, с дальнейшим ранжированием по размеру плодов и анализом потомств. Продолжить эту работу не удалось из-за сильной инбредной депрессии полученных линий. Однако полученные результаты, при сопоставлении с результатами многолетней селекции крупнозерных сортов гречихи в России, могут служить хорошим фундаментом для понимания проблемы. Результаты этого эксперимента и их анализ представлены в статье.

Материал и методы

Исходная популяция была получена из гибридной популяции, полученной от скрещивания гомостильной формы Ф.Е. Замяткина (1971) и крупноплодного сорта Троянда путем многократных индивидуальных отборов на крупноплодность и гомостилию цветка. В начале созревания с отобранных растений были обрезаны отцветающие побеги с семенами, которые использовались в качестве контроля (семена, завязавшиеся от частичного перекрестного опыления, около 30%, характерного для гомостильной формы Гд1). Более молодые побеги на этих растениях обрывали до бутонов и изолировали капроновыми изоляторами. 226 самоопыленных растений были разделены на 6 групп в соответствии с массой 1000 зерен (M_{1000}): 1) $M_{1000}< 30$ г (14 растений), 2) $M_{1000}= 30-34,9$ г (44 растения), 3) $M_{1000}=35-39,5$ г (72 растения), 4) $M_{1000}=40-44,9$ г (38 растений), 5) $M_{1000}=45-49,9$ г (34

растения), 6) $M_{1000} > 50$ г (24 растения). Семена, собранные с растений в пределах каждой группы, были смешаны с целью получения 6 популяций для последующего анализа.

Эти инбредные популяции были выращены в полевых условиях рядом с контролем. Уровень инбредной депрессии оценивали как снижение величины признака по сравнению с частично аутбредным контролем.

Результаты

Уровень инбредной депрессии по массе сухого растения составил в среднем 43,7%, и практически не зависел от варианта опыта. Снижение значений признаков «числу плодов с растения» и «массе плодов с растения» составило в среднем 57,1% и 64,8%, соответственно, и существенно зависело от уровня крупнозерности растений (табл. 1).

Таблица 1

Анализ самоопыленных потомств по признакам «масса сухого растения», «число семян на растении», и «масса семян с растения» в пределах групп гибридных растений, различающихся по M_{1000}

Фенотипические классы по M_{1000} , г	n	Масса сухого растения, г	Число семян на растении	Масса семян с растения, г
		$X \pm m$	$X \pm m$	$X \pm m$
<30	14	31,1±4,4	20,5±5,2	0,56±0,14
30,0 - 34,9	44	25,3±7,1	16,3±4,9	0,50±0,16
35,0 - 39,9	72	27,2±6,4	16,5±4,7	0,48±0,13
40,0 - 44,9	38	29,9±3,0	7,7±3,7	0,23±0,10
45,0 - 49,9	34	20,3±3,9	6,8± 2,0	0,24±0,07
>50	24	30,7±6,3	6,3±2,5	0,25±0,10
Контроль (частичное перекрестное опыление)	226	48,7±7,7	28,8±5,3	1,07±0,20

По массе 1000 плодов уровень инбредной депрессии составил в среднем 20,4%, причем чем крупнее семена, тем сильнее снижалась M_{1000} в первом поколении самоопыления (табл. 2).

Таблица 2

Инбредная депрессия (ИД) по массе 1000 зерен (M_{1000}) в зависимости от фракции гибридной популяции

M_{1000} , г	n	I_0	I_1	ИД, %
		X	X	
<30	14	29,2	27,1	7,2
30,0 - 34,9	44	34,8	29,2	16,1
35,0 - 39,9	72	38,3	30,3	20,9
40,0 - 44,9	38	42,4	32,4	23,6
45,0 - 49,9	34	46,0	34,4	25,2
>50	24	51,9	36,7	29,3
Контроль	226	35,3	36,5	-3,4

Однако ранжирование по этому признаку в I_0 и I_1 совпадало. Другими словами, результативность отбора по массе 1000 плодов находилась в прямой зависимости от его интенсивности, и наиболее крупные плоды были получены в потомстве растений с наиболее крупными плодами. В то же время наблюдалось общее снижение крупности плодов инбредных потомств, по сравнению с родительскими растениями. Таким образом, сверхкрупнозерность у гречихи сильно зависит от гетерозиготности по определенным генам.

Обсуждение

История создания гречихи с массой 1000 зерен, существенно превышающей 30 г, включает несколько эпизодов. Так, в середине 1940-х годов появились полиплоиды обычной гречихи с крупным зерном [6], но этот тип растения не закрепился на полях из-за

пониженной озерненности. Тетраплоиды гречихи обыкновенной можно рассматривать как новый искусственный генетический вид, т.к. они не скрещиваются с диплоидными растениями своего вида. Это свойство тетраплоидов было использовано для разработки метода экранной изоляции, для чего был создан тетраплоидный сорт Крылатая [7].

Крупнозерная форма Н.Н. Петелиной возникла как бы ниоткуда, хотя начало карьеры селекционера по гречихе обычно сопровождалось посевом образцов коллекции ВИР. Какой-то из этих образцов мог быть гетерогенным по крупнозерности, что осталось незамеченным. Н.Н. Петелина очень быстро создала крупнозерный сорт [8]. Следовательно, этот морфотип наследуется просто и эволюционно отработан как культурный тип растения, а не новая мутация. Теперь в коллекции ВИР представлены крупнозерные сорта Н.Н. Петелиной, что делает бессмысленным поиск этого типа растения в экзотических образцах, имея ввиду возможность их переопыления. Этот крупнозерный сортотип имеет свои особенности, которые свойственны всем крупнозерным сортам этого типа. Все они отличаются относительной скороспелостью. По-видимому, это связано с тем, что обычный отбор на высокую озерненность крупнозерных растений приводит здесь к появлению экземпляров с очень высокой аттрагирующей способностью плодов, поэтому с началом массового цветения и плодообразования налив плодов автоматически блокирует процессы вегетативного роста. Новые побеги и цветки не формируются, т.е. происходит процесс физиологической детерминации развития.

Хотя этот физиологический механизм у различных растений в крупнозерных сортах обычно выражен в разной степени (ведет себя как количественный признак), тем не менее, такая детерминация развития накладывает ограничения на потолок максимального урожая. Вероятно, по этой причине этот тип крупнозерности не получил распространения в Китае и Непале, странах, где наличие этого типа гречихи документировано [9-10]. В этих странах основным продуктом из гречихи является мука и изделия из нее (лапша и др.). Кроме того, в Китае это основная страховая культура после обычных на восточном побережье локальных катастрофических наводнений, вызванных тайфунами с Тихого океана [10]: мелкозерность здесь гарантирует возможность засеять большую площадь при ограниченном количестве семян. Хотя для производства крупы (основной способ использования гречихи в России) крупнозерность является желательным признаком.

Наши успешные попытки отбора внутри гибридной крупнозерной популяции (донор крупнозерности – сорт Троянда) показали, что этот крупнозерный генотип способен не только повысить популяционный уровень массы 1000 семян выше 30 г, но и превзойти этот показатель у отдельных растений в 1,5-2 раза. Но при самоопылении таких сверхкрупнозерных растений наблюдается сильная инбредная депрессия как по массе 1000 семян, так и по урожаю с растения. Эти полученные нами результаты хорошо согласуются с данными по наследованию массы 1000 семян А.Н. Соболева [11], который показал, что в максимальную величину этого признака велик вклад взаимодействия гетерозигот с гетерозиготами, т.е. фактически максимальной гетерозиготности.

В нашем эксперименте явная граница по сверхкрупнозерности, пересечение которой приводит к резкому снижению зерновой продуктивности растения, прошла при превышении показателя 40 г по массе 1000 выполненных плодов. Реально в практической селекции этот показатель значительно ниже. Самый крупнозерный сорт Троянда изначально имел массу 1000 зерен около 38 г. У более урожайных крупнозерных сортов этот показатель на 3-5 г ниже [5].

Заключение

Крупнозерность у гречихи обыкновенной определяет некоторые физиологические особенности растений, связанные с их зерновой продуктивностью. Верхний предел массы 1000 семян, превышение которого ведет к резкому снижению числа семян на растении (также как и массы семян с растения), в нашем опыте составил около 40 г. Наиболее крупнозерные сорта имеют массу 1000 зерен на несколько граммов ниже. Поскольку уровень инбредной депрессии по признаку М 1000 существенно зависит от величины этого признака,

можно заключить, что высокие уровни крупнозерности у гречихи определяются гетерозиготностью по многим генам, участвующим в контроле изменчивости этого признака.

Литература

1. Ohnishi O. Discovery of new *Fagopyrum* species and its implication for the studies of evolution of *Fagopyrum* and of the origin of cultivated buckwheat // Proc. 6th Int. Symp. on Buckwheat. Japan, 1995. – P. 175-190.
2. Фесенко Н.Н., Романова О.И., Мартыненко Г.Е., Фунатзуки Х. Экологическая изменчивость архитектуры российских и японских сортов гречихи // Аграрная Россия. – 2002. – №1. – С. 68-72.
3. Ключевский В.О. Краткое пособие по русской истории. М.: Рассвет, 1992. –192 с.
4. Пульман И.А. Сорта гречихи селекции 1934 года // Соц. стр-во ЦЧО. – 1934. – №3-4. – С. 35-37.
5. Кадырова Ф.З. К итогам селекции гречихи в Татарском НИИ сельского хозяйства // Зерновые культуры. М. – 1983. – №2. – С. 29-32.
6. Сахаров В.В., Фролова С.С., Мансурова В.В. Создание высокоплодовой тетраплоидной гречихи (*F. esculentum* M.) // Труды ДАН СССР. Хабаровск. – 1944. – Т. 44. – № 6. – С. 243-254.
7. Неттевич Э.Д., Фесенко Н.В. Биологический метод изоляции обыкновенной гречихи // Селекция и семеноводство. – 1964. – №2. – С. 41-45.
8. Петелина Н.Н. О новом сорте гречихи Краснострелецкая // Труды ВНИИЗБК. – 1968. – Т.2. – С. 251-257.
9. Rajbhandary B.P. Catalogue of indigenous Nepalese buckwheat. Nepal, Kathmandu. 1995. –45 p.
10. Lin R.F. Buckwheat in East Asia: China // Status reports on genetic resources of buckwheat. Malaysia, 1999. – P. 1-30.
11. Соболев А.Н. Наследование массы 1000 зерен у гречихи. Тезисы докладов 5 съезда ВОГиС. – Т.4, 4.2., Москва, 1987. – С. 171-172.

References

1. Ohnishi O. Discovery of new *Fagopyrum* species and its implication for the studies of evolution of *Fagopyrum* and of the origin of cultivated buckwheat // Proc. 6th Int. Symp. on Buckwheat. Japan, 1995. – P. 175-190.
2. Fesenko N.N., Romanova O.I., Martynenko G.E., Funatsuki H. Ecological variability of the architectonics of Russian and Japanese buckwheat varieties // *Agrarnaya Rossiya*. – 2002. – no.1. – Pp. 68-72. (in Russian)
3. Klyuchevskiy V.O. A short guide to Russian history. M.: Rassvet, 1992. – 192 p. (in Russian)
4. Pulman I.A. Buckwheat varieties bred in 1934 // Sots. str-vo CChO. – 1934. – no. 3-4. – Pp. 35-37. (in Russian)
5. Kadyrova F.Z. To the results of buckwheat breeding in the Tatar Research Institute of Agriculture // *Zernovye kultury*. Moscow. – 1983. – no.2. – Pp. 29-32. (in Russian)
6. Sakharov V.V., Frolova S.S., Mansurova V.V. Creation of highly fertile tetraploid buckwheat (*F. esculentum* M.) // Trudy DAN USSR. Khabarovsk. – 1944. – V. 44. – no. 6. – Pp. 243-254. (in Russian)
7. Nettevich E.D., Fesenko N.V. Biological method for isolating common buckwheat // *Seleksiya i semenovodstvo*. – 1964. – no.2. – Pp. 41-45. (in Russian)
8. Petelina N.N. About the new buckwheat variety Krasnostreletskaia // Trudy VNIIZBK. – 1968. – V.2. – Pp. 251-257. (in Russian)
9. Rajbhandary B.P. Catalogue of indigenous Nepalese buckwheat. Nepal, Kathmandu, 1995. – 45 p.
10. Lin R.F. Buckwheat in East Asia: China // Status reports on genetic resources of buckwheat. Malaysia, 1999. – Pp. 1-30.
11. Sobolev A.N. Inheritance of thousand seeds weight in buckwheat. Tezisy dokladov 5 s'ezda VOGiS. – V.4, 4.2., Moscow, 1987. – Pp. 171-172. (in Russian)

ПОРАЖЕННОСТЬ ПРОСА НЕКРОТИЧЕСКИМ МЕЛАНОЗОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

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

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

ФГБНУ ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА, E-mail: niish1c@mail.ru

В статье приведены результаты корреляционного анализа (по Спирмену и по Пирсону) между пораженностью проса некротическим меланозом и морфобиологическими признаками. Исследования были проведены в условиях юго-востока Центрально-Черноземного региона в 2018-2021 гг. По результатам корреляционного анализа выявлены морфологические и биологические признаки устойчивости к некротическому меланозу. Это длина вегетационного периода, пленчатость, высота растения, длина метелки, длина верхнего междоузлия, длина 2-ой снизу веточки, поникаемость метелки, форма метелки, плотность метелки, масса 1000 зерен. Для исследования структуры взаимосвязей между признаками устойчивости к некротическому меланозу нами были рассчитаны частные (парциальные) коэффициенты корреляции. Анализ частных коэффициентов корреляционной связи пораженности проса некротическим меланозом с морфологическими и биологическими признаками показал, что во все годы исследований значительная часть в общей корреляции обусловлена влиянием длины вегетационного периода и длины метелки, а в отдельные годы – влиянием пленчатости, длины 2-ой снизу веточки, формы метелки, плотности метелки.

Ключевые слова: просо, селекция, некротический меланоз, коэффициент корреляции, устойчивость сортов, морфологические и биологические признаки.

Для цитирования: Сурков А.Ю., Суркова И.В. Пораженность проса некротическим меланозом в зависимости от морфологических и биологических особенностей. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):95-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-95-101

THE LESION OF MILLET WITH NECROTIC MELANOSIS, DEPENDING ON MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES

A.Ju. Surkov, I.V. Surkova

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

Abstract: *The article presents the results of correlation analysis (according to Spearman and Pearson) between the lesion of millet with necrotic melanosis and morphobiological signs. The studies were conducted in the conditions of the south-east of the Central Chernozem region in 2018-2021. The results of the correlation analysis revealed morphological and biological signs of resistance to necrotic melanosis. These are the length of the growing season, the filminess, the height of the plant, the length of the panicle, the length of the upper internode, the length of the 2nd branch from the bottom, the droop of the panicle, the shape of the panicle, the density of the panicle, the mass of 1000 grains. To study the structure of the relationships between the signs of resistance to necrotic melanosis, we calculated partial correlation coefficients. Analysis of the partial correlation coefficients of millet necrotic melanosis infestation with morphological and biological signs has shown that in all years of research, a significant part of the overall correlation is due to the influence of the length of the growing season and the length of the panicle, and in some years the influence of the film, the length of the 2nd from the bottom of the twig, the shape of the panicle, the density of the panicle.*

Keywords: millet, breeding, necrotic melanosis, coefficient of correlation, resistance of varieties, morphological and biological signs.

Введение

Степень поражения ядер проса некротическим меланозом зависит не только от метеорологических факторов в период вегетации и уборки, но и от численности насекомых (клопиков и цикадок) – переносчиков меланоза, а также от морфологических признаков и биологических свойств сортов [1-8].

Цель исследований – выявление корреляционной связи пораженности разных морфотипов проса некротическим меланозом с их морфологическими и биологическими признаками, определить наиболее перспективный морфотип проса для селекции сортов, приспособленных к условиям Центрально-Черноземного региона.

Условия, материалы и методы исследований

Полевые опыты были заложены в селекционном севообороте в 2018-2021 гг. По метеорологическим условиям наиболее благоприятными для развития некротического меланоза были 2018, 2019 и 2021 гг., наименее – 2020 г. Метеоданные взяты в гидрометеорологической обсерватории «Каменная Степь». Из метеорологических факторов анализировались количество осадков, среднесуточная температура воздуха, относительная влажность воздуха в период начало выметывания – полная спелость, когда возможно заражение меланозом (табл. 1).

Таблица 1

Пораженность проса меланозом и погодные условия периода начало выметывания – полная спелость

Показатели	2018	2019	2020	2021
Средняя пораженность меланозом, %	2,7	6,4	1,2	4,4
Min	0,0	2,3	0,0	1,9
Max	8,8	11,1	3,1	8,2
Коэффициентов вариации (CV), %	68,9	38,3	70,3	36,8
Количество осадков, мм	143,0	156	65,0	94
Среднесуточная температура воздуха, ° C	21,9	19,9	21,2	24,2
Относительная влажность воздуха, %	58,0	61,0	55,0	55,0

В качестве материала исследований были взяты образцы различных морфотипов: кокцинеум (развесистая метелка, красное зерно), сангвинеум (сжатая метелка, красное зерно), ауреум (сжатая метелка, желтое зерно) и флявум (развесистая метелка, желтое зерно).

Оценка устойчивости селекционного материала проса к некротическому меланозу выявлялась на естественном провокационном фоне, который создается на полях, окруженных лесными полосами. Здесь на опушках лесных полос с дикой растительностью, посевах озимых, в заповедниках развиваются насекомые – переносчики, которые заселяют поля с вегетирующими озимыми и яровыми культурами, в том числе и просом. Пораженность проса меланозом определялась соотношением порченных и здоровых обрубленных зерен в 3-х кратной повторности.

Для выявления зависимости степени поражения некротическим меланозом разных морфотипов проса от их морфологических и биологических особенностей нами был проведен корреляционный анализ (по Спирмену и по Пирсону) у 50 сортов разных морфотипов.

Для исследования структуры взаимосвязей нами были рассчитаны частные (парциальные) коэффициенты корреляции.

Результаты и их обсуждение

В результате исследований было установлено, что между пораженностью меланозом и формой метелки наблюдалась достоверная положительная корреляция, т.е. образцы со сжатой метелкой больше поражались меланозом (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом с морфологическими и биологическими признаками

Показатели	2018	2019	2020	2021
Форма метелки, балл	0,24	0,47***	0,31*	0,33*
Понижаемость метелки, балл	-0,03	-0,44**	-0,30*	-0,45***
Плотность метелки	0,46***	0,22	0,26	0,53***
Масса 1000 зерен, г	0,08	0,36**	0,39**	0,27
Высота растения, см	-0,46***	-0,29*	-0,24	-0,37**
Длина метелки, см	-0,54***	-0,34*	-0,51***	-0,42**
Длина верхнего междоузлия	-0,50***	-0,25	-0,04	-0,45***
Длина 2-ой снизу веточки, см	-0,58***	-0,21	-0,51***	-0,56***
Пленчатость, %	0,35*	-0,27	-0,40**	-0,76***
Длина вегетационного периода, дней	-0,71***	-0,35*	-0,45***	-0,60***

Примечание: *, **, *** – достоверно соответственно на 5%, 1%, 0,1% уровне

Между пораженностью проса меланозом и понижаемостью метелки установлена отрицательная корреляционная связь, т.е. образцы с сильно пониклой метелкой меньше поражались меланозом. Это связано с тем, что у этих образцов влага меньше задерживалась на метелке, а во время дождей лучше стекала.

Образцы с более плотной метелкой сильнее поражались меланозом ($r = 0,22 \dots 0,53$). Также сильнее поражались меланозом крупнозерные формы.

Корреляционная связь с высотой растения и длиной метелки была отрицательная. Более высокие растения с длинной метелкой меньше поражались меланозом. Образцы с развесистой метелкой, как правило, имели более длинную метелку по сравнению с образцами со сжатой компактной метелкой.

Нами выявлена отрицательная корреляционная связь между пораженностью меланозом и такими показателями, как длина верхнего междоузлия и длина 2-ой снизу веточки. Чем выше были эти показатели у образцов, тем меньше у них была пораженность меланозом. У образцов с развесистой метелкой длина 2-ой снизу веточки была больше, чем у образцов со сжатым типом метелки.

Образцы с высокой пленчатостью меньше поражались меланозом. Формы с развесистой метелкой имели более высокую пленчатость, чем образцы со сжатой метелкой.

Между пораженностью меланозом и длиной вегетационного периода наблюдалась достоверная отрицательная корреляция во все годы исследований ($r = - 0,35 \dots - 0,71$). То есть, образцы с более длинным вегетационным периодом меньше поражались некротическим меланозом. Длина вегетационного периода положительно коррелировала с пленчатостью ($r = 0,33 \dots 0,77$), с высотой растения ($r = 0,31 \dots 0,63$), с длиной метелки ($r = 0,35 \dots 0,65$), с длиной 2-ой снизу веточки ($r = 0,24 \dots 0,66$) и отрицательно коррелировала с формой метелки ($r = - 0,20 \dots - 0,30$), с плотностью метелки ($r = - 0,31 \dots - 0,40$), с массой 1000 зерен ($r = - 0,26 \dots - 0,52$), с формой зерновки ($r = - 0,37 \dots - 0,44$).

Продолжительность периодов развития растений проса представлена в таблице 3.

Таблица 3

Продолжительность периодов развития растений проса

Показатели	2018	2019	2020	2021
Продолжительность периода всходы – начало выметывания, дней	36-46	29-41	30-40	38-45
Продолжительность периода начало выметывания – полная спелость, дней	45-47	49-55	52-56	42-44
Продолжительность периода всходы – полная спелость, дней	81-93	78-96	82-96	80-89

Между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периода всходы – начало выметывания наблюдалась достоверная отрицательная корреляция во все годы исследований ($r = -0,45...-0,75$), а между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периода начало выметывания – полная спелость наблюдалась достоверная отрицательная корреляция в 2018 и 2021 гг. (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между пораженностью проса меланозом и длиной периодов развития растений проса

Показатели	2018	2019	2020	2021
Продолжительность периода всходы – начало выметывания, дней	-0,75***	-0,45***	-0,48***	-0,62***
Продолжительность периода начало выметывания – полная спелость, дней	-0,47***	-0,05	-0,22	-0,39**

Благодаря раннему выметыванию период для заражения меланозом у скороспелых образцов протекал в более благоприятных для развития заболевания гидротермических условиях (обильные июльские осадки). Более позднее выметывание сдвигало период для заражения меланозом в менее благоприятные для развития заболевания гидротермические условия (дефицит осадков в августе, особенно в 2018 и 2020 гг.).

Учитывая, что в природных условиях на развитие болезни влияет комплекс морфологических и биологических факторов, а при взаимодействии их между собой может усиливаться или снижаться суммарный эффект. Для исследования структуры взаимосвязей нами были рассчитаны частные (парциальные) коэффициенты корреляции.

Поочередное исключение влияния отдельных морфологических и биологических признаков показало, что частные коэффициенты корреляции между пораженностью проса меланозом и морфобиологическими признаками при одинаковой длине вегетационного периода, высоте растения, длине метелки, форме метелки и плотности метелки в 2018 году значительно отличались от парного коэффициента корреляции (табл. 5).

Таблица 5

Парные и частные коэффициенты корреляционной связи пораженности проса меланозом с морфобиологическими признаками, 2018 г.

Признак, коррелирующий с пораженностью меланозом	Парный коэффициент корреляции	Исключенный признак									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0,71	-	-0,67	-0,72	-0,61	-0,58	-0,63	-0,54	-1,06	-0,70	-0,45
2	0,35	0,15	-	0,36	0,31	0,20	0,20	0,19	0,36	0,35	0,23
3	0,08	0,12	0,11	-	0,17	0,05	0,25	0,03	-0,03	0,08	0,01
4	-0,46	0,02	-0,37	-0,46	-	0,01	0,06	0,01	-0,43	-0,46	-0,10
5	-0,54	-0,06	-0,43	-0,54	-0,06	-	-0,33	0,00	-0,50	-0,53	-0,08
6	-0,50	-0,32	-0,47	-0,54	-0,28	-0,25	-	-0,28	-0,51	-0,50	-0,32
7	-0,58	-0,21	-0,55	-0,58	-0,41	-0,25	-0,43	-	-0,55	-0,59	-1,43
8	0,24	0,14	0,22	0,23	0,11	0,06	0,28	0,08	-	0,24	0,06
9	-0,03	-0,08	-0,04	-0,02	-0,08	0,01	-0,09	-0,04	0,01	-	0,02
10	0,46	0,30	0,46	0,46	0,23	0,04	0,24	0,09	0,42	0,47	-

Примечание: 1 – длина вегетационного периода, дн.; 2 – пленчатость, %; 3 – масса 1000 зерен, г; 4 – высота растения, см; 5 – длина метелки, см; 6 – длина верхнего междоузлия, см; 7 – длина 2-ой снизу веточки, см; 8 – форма метелки, балл; 9 – поникаемость метелки балл; 10 – плотность метелки, коэфф.

В 2019 году значительная часть в общей корреляции была обусловлена влиянием длины вегетационного периода, высоты растения, длины метелки и формы метелки (табл. 6).

Таблица 6

Парные и частные коэффициенты корреляционной связи пораженности проса меланозом с морфобиологическими признаками, 2019 г.

Признак, коррелирующий с пораженностью меланозом	Парный коэффициент корреляции	Исключенный признак									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0,35	-	-0,29	-0,29	-0,23	-0,20	-0,25	-0,29	-0,25	-0,30	-0,29
2	-0,27	-0,18	-	-0,17	-0,16	-0,16	-0,20	-0,22	-0,13	-0,20	-0,24
3	0,36	0,30	0,30	-	0,28	0,20	0,36	0,29	0,15	0,25	0,29
4	-0,29	-0,10	-0,20	-0,17	-	-0,02	-0,17	-0,20	-0,14	-0,19	-0,20
5	-0,34	-0,18	-0,37	-0,20	-0,19	-	-0,26	-0,30	-0,11	-0,21	-0,27
6	-0,25	-0,07	-0,18	-0,26	-0,07	-0,11	-	-0,17	-0,17	-0,30	-0,19
7	-0,21	-0,03	-0,13	-0,01	0,03	0,16	-0,11	-	-0,06	-0,13	-0,08
8	0,47	0,41	0,42	0,35	0,41	0,36	0,44	0,43	-	0,35	0,43
9	-0,44	-0,40	-0,41	-0,37	-0,38	-0,37	-0,47	-0,41	-0,31	-	-0,40
10	0,22	0,09	0,18	0,06	0,03	-0,07	0,13	0,1	-0,00	0,09	-

В 2020 году поочередное исключение влияния длины вегетационного периода, длины метелки и длины 2-ой снизу веточки показало, что частные коэффициенты корреляции между пораженностью проса меланозом и морфобиологическими признаками значительно отличались от парного коэффициента корреляции (табл. 7).

Таблица 7

Парные и частные коэффициенты корреляционной связи пораженности проса меланозом с морфобиологическими признаками, 2020 г.

Признак, коррелирующий с пораженностью меланозом	Парный коэффициент корреляции	Исключенный признак									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0,45	-	-0,36	-0,32	-0,41	-0,18	-0,45	-0,17	-0,40	-0,42	-0,40
2	-0,40	-0,29	-	-0,35	-0,38	-0,34	-0,40	-0,36	-0,31	-0,44	-0,39
3	0,39	0,19	0,33	-	0,36	0,12	0,41	0,13	0,35	0,34	0,31
4	-0,24	-0,13	-0,19	-0,18	-	0,14	-0,25	0,06	-0,23	-0,16	-0,19
5	-0,51	-0,32	-0,46	-0,37	-0,47	-	-0,52	-0,12	-0,44	-0,44	-0,47
6	-0,04	-0,08	-0,05	-0,12	0,06	-0,02	-	-0,06	-0,02	-0,06	-0,05
7	-0,51	-0,31	-0,48	-0,37	-0,47	-0,12	-0,52	-	-0,45	-0,45	-0,47
8	0,31	0,22	0,16	0,15	0,31	0,13	0,31	0,16	-	0,36	0,25
9	-0,30	-0,25	-0,36	-0,23	-0,24	-0,10	-0,30	-0,14	-0,35	-	-0,24
10	0,26	0,12	0,23	0,10	0,21	-0,09	0,26	-0,11	0,19	0,19	-

В 2021 году значительная часть в общей корреляции была обусловлена влиянием длины вегетационного периода, пленчатости, длины метелки, длины 2-ой снизу веточки и плотности метелки (табл. 8).

Таблица 8

Парные и частные коэффициенты корреляционной связи пораженности проса меланозом с морфобиологическими признаками, 2021 г.

Признак, коррелирующий с пораженностью меланозом	Парный коэффициент корреляции	Исключенный признак									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0,60	-	-0,02	-0,56	-0,53	-0,53	-0,46	-0,44	-0,56	-0,60	-0,55
2	-0,76	-0,59	-	-0,75	-0,71	-0,70	-0,68	-0,63	-0,73	-0,72	-0,67
3	0,27	-0,06	-0,05	-	0,17	0,17	0,15	-0,03	0,16	0,28	0,19
4	-0,37	-0,19	0,02	-0,31	-	-0,10	-0,22	-0,05	-0,30	-0,18	-0,06
5	-0,42	-0,28	-0,00	-0,37	-0,23	-	-0,50	-0,17	-0,34	-0,18	-0,07
6	-0,45	0,09	-0,02	-0,40	-0,35	-0,32	-	-0,30	-0,41	-0,44	-0,38
7	-0,56	-0,37	-0,14	-0,51	-0,46	-0,43	-0,46	-	-0,48	-0,46	-0,38
8	0,33	0,20	-0,15	0,36	0,25	0,19	0,27	0,07	-	0,31	0,11
9	-0,45	-0,46	-0,18	-0,46	-0,33	-0,25	-0,44	-0,30	-0,52	-	-0,18
10	0,53	0,45	0,25	0,50	0,42	0,37	0,48	0,33	0,45	0,36	-

Анализ частных корреляций пораженности меланозом с морфологическими и биологическими признаками показал, что во все годы исследований значительная часть в общей корреляции обусловлена влиянием длины вегетационного периода и длины метелки, а в отдельные годы – влиянием пленчатости, длины 2-ой снизу веточки, формы метелки и ее плотности.

Заключение

Таким образом, по результатам корреляционного анализа выявлены морфологические и биологические признаки устойчивости к некротическому меланозу. Это длина вегетационного периода, пленчатость, высота растения, длина метелки, длина верхнего междоузлия, длина 2-ой снизу веточки, поникаемость метелки, форма метелки, плотность метелки, масса 1000 зерен. Анализ частных корреляций пораженности меланозом с морфологическими и биологическими признаками показал, что во все годы исследований значительная часть в общей корреляции обусловлена влиянием длины вегетационного периода и длины метелки, а в отдельные годы влиянием пленчатости, длины 2-ой снизу веточки, формы метелки и ее плотности. Выделенные морфологические и биологические признаки можно использовать при отборе устойчивых к некротическому меланозу форм.

Литература

1. Антимонов К.А., Антимонов А.К., Михайлов А.А. Улучшение качества пшена созданием устойчивых к болезням сортов проса // Пищевая промышленность. – 2004. – № 10. – С. 76-77.
2. Золотухин Е.И., Тихонов Н.П., Лизнева Л.Н., Тугушева Х.И., Черкашина В.К. Селекция проса на Юго-Востоке // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 2004. – С. 429-459.
3. Кулемина Т.В. Меланоз как фактор низкого качества зерна проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) (Обзор) // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. – Санкт-Петербург, – 2019. – Т. 180. – Вып. 4. – С. 186 – 192. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-186-192.
4. Никифорова И.Ю., Кадырова Ф.З. Селекция проса посевного на устойчивость к меланозу в условиях Предкамской зоны республики Татарстан // Вестник Казанского ГАУ. – 2015. – № 2 (36). – С. 136-140. DOI: 10.12737/12518.
5. Сурков А.Ю., Суркова И.В. Пораженность проса некротическим меланозом в зависимости от условий внешней среды // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 5. – С. 53-58.
6. Сурков Ю.С. Поражение зародыша и ядра проса меланозом в зависимости от условий внешней среды // Селекция проса на качество зерна и устойчивость к болезням: Научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1979. – С. 95-103.

7. Тихонов Н.П. Особенности и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10). – С. 60-63.
8. Чирко Е.М. Поражение зерна меланозом в зависимости от сортовых особенностей проса // Земледелие и растениеводство. – 2016. – № 6. – С. 8-12.

References

1. Antimonov K.A., Antimonov A.K., Mikhaylov A.A. Uluchsheniye kachestva pshena sozdaniyem ustoychivyykh k bolezniam sortov prosa [Improving the quality of millet by creating disease-resistant millet varieties]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2004, no. 10, pp. 76-77. (In Russian)
2. Zolotukhin E.I., Tikhonov N.P., Lizneva L.N., Tugusheva H.I., Cherkashina V.K. Seleksiya prosa na Yugo-Vostoke [Millet breeding in the Southeast]. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur Orel* [Scientific support for the production of leguminous and grain crops]. Orel, 2004, pp. 429-459. (In Russian)
3. Kulemina T.V. Melanoz kak faktor nizkogo kachestva zerna prosa posevnogo (Panicum miliaceum L.) (Obzor) [Melanosis as a factor reducing grain quality in proso millet (Panicum miliaceum L.) (A review)]. *Tr. po prikl. botanike, genetike i selekcii* [Proceedings on applied botany, genetics and selection]. ST. Petersburg, 2019, Vol. 180, Issue 4, pp. 186-192. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-186-192. (In Russian)
4. Nikiforova I.Yu., Kadyrova F.Z. Selekcija prosa posevnogo na ustojchivost' k melanozu v usloviyah Predkamskoj zony respubliky Tatarstan [Selection of sown millet to immunity of melanosis at the Kama zone of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo GAU* [Vestnik of Kazan State Agrarian University]. 2015, no. 2 (36), pp. 136-140. DOI: 10.12737/12518 (in Russian)
5. Surkov A.YU., Surkova I.V. Porazhennost' prosa nekroticheskim melanozom v zavisi-mosti ot uslovij vneshnej sredy [Lesion of millet with necrotic melanosis depending on environmental conditions]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. 2019, no. 5, pp. 53-58 (in Russian)
6. Surkov YU.S. Porazhenie zarodysha i yadra prosa melanozom v zavisimosti ot uslovij vneshnej sredy [The defeat of the embryo and nucleus of millet by melanosis, depending on environmental conditions]. *Selekcija prosa na kachestvo zerna i ustojchivost' k bolezniam: Nauch.tr. VASKHNIL* [Selection of millet for grain quality and disease resistance: Scientific tr. AUAASNL]. Moscow, 1979, pp. 95-103.
7. Tikhonov N.P. Osobennosti i rezul'taty selekcii prosa posevnogo na ustojchivost' k melanozu zerna [The peculiarities and results of millet breeding for resistance to melanosis of grain]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Grain Crops*, 2014, no. 2 (10), pp.60-63. (In Russian)
8. Chirko E.M. Porazhenie zerna melanozom v zavisimosti ot sortovykh osobennostej prosa [Grain severity caused by melanosis depending on millet varietal peculiarities]. *Zemledelie i rastenievodstvo – Crop Farming and Plant Growing*, 2016, no. 6, pp. 8-12.

НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКА МАССА 1000 ЗЕРЕН У МЕЖЛИНЕЙНЫХ ГИБРИДОВ ОЗИМОЙ РЖИ

А.А. ГОНЧАРЕНКО, академик РАН, **А.В. МАКАРОВ**, доктор сельскохозяйственных наук, **Т.В. СЕМЕНОВА**, **В.Н. ТОЧИЛИН**, **Н.А. КЛОЧКО**, **М.С. ГОНЧАРЕНКО**, **Н.В. ЦЫГАНКОВА**, кандидаты сельскохозяйственных наук, **П.А. ПЛОТНИКОВ**

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»,
E-mail: goncharenko05@mail.ru

Опыты проводили на экспериментальной базе Федерального исследовательского центра «Немчиновка». Исходным материалом послужили 10 мужских стерильных гомозиготных линий, несущих цитоплазму типа Пампа. Эти линии скрещивали с двумя мужскими фертильными линиями-тестерами: $mf\ H-842$ и $mf\ H-1247$. Тестовые скрещивания провели в 2019 г на двух изолированных участках по схеме топкросса. Полученные гибриды и их родительские формы испытывали в 2020 и 2021 гг. на делянках $8\ m^2$ в двукратной повторности. Тест на эпистаз и разложение генетической вариации на аддитивную и доминантную компоненты проводили по методу Jinks J., Perkins L.M., Brees E.L. (1969). Полученные данные показывают, что неаллельное взаимодействие генов существенно не влияет на признак крупнозерности у ржи. Основную роль в его детерминации играет аддитивное взаимодействие генов, а также неполное доминирование, доля которого оказалась также достоверно высокой. Констатируется устойчивое соотношение этих взаимодействий по годам: доля аддитивных эффектов варьировала на уровне 83,9-84,7%, а доля доминантных – на уровне 15,3-16,1%. Показатель степени доминирования $\sqrt{H1/D}$ был меньше единицы и также слабо варьировал по годам. Из этого следует, что доминантные аллели, влияющие на крупнозерность, не полностью подавляют действие своих рецессивных аллелей. По этой причине простые межлинейные гибриды наследуют промежуточный фенотип по сравнению с родительскими формами. Сделано заключение, что, при синтезе коммерческих гибридов ржи надо стремиться к тому, чтобы все родительские формы были крупнозерными. Для получения таких линий целесообразно использовать методы рекуррентного отбора, а также конвергентную и кумулятивную селекцию.

Ключевые слова: озимая рожь (*Secale cereale* L.), масса 1000 зерен, гомозиготная линия, тестер, гибрид, эпистаз, доминирование, аддитивное взаимодействие генов.

Для цитирования: Гончаренко А.А., Макаров А.В., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Клочко Н.А., Гончаренко М.С., Цыганкова Н.В., Плотников П.А. Наследование признака масса 1000 зерен у межлинейных гибридов озимой ржи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):102-109. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-102-109

INHERITANCE OF THE TRAIT WEIGHT OF 1000 GRAINS IN INTERLINEAR HYBRIDS OF WINTER RYE

A.A. Goncharenko, A.V. Makarov, T.V. Semenova, V.N. Tochilin, N.A. Klochko, M.S. Goncharenko, N.V. Tsygankova, P.A. Plotnikov

FEDERAL RESEARCH CENTER NEMCHINOVKA, RUSSIA

Abstract: *The experiments were carried out at the experimental base of the Federal Research Center "Nemchinovka" (Moscow region). The starting material was 10 male sterile homozygous inbred lines carrying the Pump-type cytoplasm. These lines were crossed with two male fertile test*

lines: mf H-842 and mf H-1247. Test crosses were carried out in 2019 on two isolated plots according to the topcross scheme. The resulting hybrids and their parent forms were tested in 2020 and 2021 on plots of 8 m² in two-fold repetition. The test for epistasis and decomposition of the genetic variance into additive and dominant components was carried out by the method of Jinks J., Perkins L.M., Brees E.L. (1969). The data obtained show that the non-allelic interaction of genes does not significantly affect the trait of gross grain in rye. The main role in its determination is played by the additive interaction of genes, as well as incomplete dominance, the proportion of which was also significantly high. A stable ratio of these interactions was established over the years: the proportion of additive effects varied at the level of 83.9-84.7%, and the proportion of dominant effects at the level of 15.3-16.1%. The indicator of the degree of dominance $\sqrt{H1/D}$ was less than one and varied slightly over the years. It follows from this that dominant alleles affecting gross grain do not completely suppress the effect of their recessive alleles. For this reason, simple interlinear hybrids inherit an intermediate phenotype compared to the parent forms. It is concluded that, in the synthesis of commercial rye hybrids, it is necessary to strive to ensure that all parent forms are gross-grained. To obtain such lines it is advisable to use methods of recurrent selection as well as convergent and cumulative breeding.

Keywords: winter rye (*Secale cereale* L.), 1000 grain weight, homozygous line, tester, hybrid, epistasis, dominance, additive gene interaction.

Озимая рожь является относительно мелкозерной культурой среди зерновых колосовых. И это несмотря на длительную народную селекцию, в процессе которой признак крупнозерности служил главным критерием отбора при улучшении местных сортов. В известной мере это можно объяснить происхождением культуры. Исследуя генезис культурной ржи, Н.И. Вавилов (1917) установил, что дикие мелкозерные виды послужили основным исходным материалом для образования сорнополевой ржи, из которой затем произошли местные сорта. Однако многие исследователи слабый селекционный прогресс в улучшении этого признака связывают с трудностью его изучения на основе научного генетического анализа [1]. Это обусловлено аллогамностью вида *Secale cereale*, строгой самонесовместимостью и гетерогенностью сортов-популяций, а также трудностью получения гомозиготных линий, необходимых для синтеза межлинейных гибридов. Эти сложности возрастают, если изучаемый признак детерминируется многими генами, вклад каждого из которых невелик, а суммарный эффект в значительной степени модифицируется условиями внешней среды. В совокупности это явилось причиной того, что информация о генетическом контроле признака масса 1000 зерен у ржи в литературе оказалась весьма ограниченной [2].

По озимой ржи опубликовано относительно мало работ, посвященных изучению действия генов на экспрессию признака крупнозерности. Между тем этот признак вносит существенный вклад в формирование урожая, обладает довольно большим размахом фенотипического варьирования ($CV=18\%$), имеет высокую степень наследуемости ($H^2 = 0,55-0,82$) (Кобылянский В.Д., 1982). В совокупности это делает его важным инструментом в селекционном процессе. Известно, что при межлинейных скрещиваниях гибриды озимой ржи проявляют высокий эффект гетерозиса. В опытах Н.Н. Geiger and K. Morgenstern (1975) истинный гетерозис по урожаю зерна достигал 33%, а в опытах L.Madej (1976) – 52%. По данным Хаан С. (1975) наиболее часто гетерозис по урожаю зерна достигается за счет прироста массы зерна с колоса и массы 1000 зерен. Экспериментально установлено, что у ржи варианса общей комбинационной способности по большинству признаков преобладает над вариансой специфической комбинационной способности, за исключением урожайности и массы 1000 зерен. Поэтому в гетерозисной селекции ржи признак крупнозерности должен быть постоянно в поле зрения селекционера, чтобы не допустить его дрейфа в нежелательном направлении. Причина в том, что при инцухте растения подвергаются сильной инбредной депрессии (Wolski T, 1970), результатом которой является снижение массы 1000 зерен в сравнении с открыто опыляемыми сортами (Краснюк А.А, 1941).

Генетическая вариация признака – часть его общей фенотипической вариации, которая обусловлена влиянием генетических факторов. Основными ее слагаемыми являются: аддитивная дисперсия, дисперсия доминирования и эпистаз. Считается, что при выборе методов селекции весьма важно знать, какая из этих дисперсий преобладает (Кедров-Зихман О.О. и др, 1985). Если основная часть вариации обусловлена неаддитивным действием генов, например, сверхдоминированием или эпистазом, тогда надо снизить интенсивность отбора, чтобы не сузить популяцию и не ухудшить ее генетические свойства. В случае массового отбора его эффективность будет зависеть от доли аддитивной генетической вариации. Что касается вариации доминирования, то ее величина представляет особый интерес в случае гетерозисной селекции. Эта компонента вытекает из разницы между гетерозиготой и средним значением двух гомозигот: чем она больше, тем больше эффект гетерозиса у гибрида F_1 (Венгжин С., 1979).

Однако однозначного мнения насчет соотношения этих компонент у исследователей нет. Польские исследователи S.Wegrzyn and L.Grochowski (1978), изучая генотипическую вариацию признака крупнозерности у сортов ржи Даньковские злате, Карстен и Кустро, выявили большую разницу в коэффициентах наследуемости в узком и широком смысле и пришли к заключению о преобладании эффектов доминантного действия генов над аддитивным. В опытах В.Д. Кобылянского и др. (1975, 1983) наследование массы 1000 зерен у короткостебельных линейно-штаммовых гибридов на стерильной основе шло по типу сверхдоминирования. На основании этого утвердилось мнение, что генетическое улучшение этого признака у ржи на гибридном уровне является более перспективным, чем на популяционном (Wricke G., 1973).

В то же время имеются данные, что аддитивный генетический компонент имеет более важное значение в детерминации признака крупности зерна. Н.Н. Geiger and Wahle G. (1978), изучая структуру гетерозиса у межлинейных гибридов ржи, установили, что гетерозис по массе 1000 зерен проявляется в 2 раза слабее, чем по массе зерна с колоса. В наших исследованиях проведенных на частично инбредных линиях ржи, диаллельный анализ показал, что в генетическом контроле признака масса 1000 зерен преобладающую роль играла аддитивная вариация, а степень доминирования была неполной (Гончаренко А.А., Ермаков С.А., Фокина В.М., 1979). К аналогичному выводу мы пришли и при более позднем анализе 5 гомозиготных линий озимой ржи в системе диаллельных скрещиваний. В этих опытах средняя величина гипотетического гетерозиса по массе 1000 зерен составила 31,4%, а доля вклада общей комбинационной способности в генотипическую вариацию – 60,6% [3].

В контексте обсуждаемого вопроса большой интерес представляют результаты исследований, полученные на других культурах. Р.А. Цильке с соавторами (1979) показали, что у яровой пшеницы диаллельный анализ выявил аддитивно-доминантный контроль признака крупнозерности, параметры которого варьируют в зависимости от условий вегетации и площади питания растений. У подсолнечника основную роль в наследовании массы семян с растения играют аддитивное взаимодействие генов и в некоторой степени доминирование [4].

Таким образом, детерминация признака массы 1000 зерен у ржи обусловлена различным типом взаимодействия генов, что, по-видимому, обусловлено генетически различным исходным материалом, взятым для изучения. За последние годы в ФИЦ «Немчиновка» в рамках гибридной селекции ржи получены новые гомозиготные линии со стерильной цитоплазмой типа Пампа, в связи с чем возникла необходимость изучить структуру генетической дисперсии этого признака и определить основные ее компоненты.

Цель исследований – количественно оценить вклад аддитивной, доминантной и эпистатической дисперсий в общую генетическую вариацию признака массы 1000 зерен с целью повышения эффективности селекции гетерозисных гибридов озимой ржи.

Материал и методы

Самоопыленные линии получали методом многократного инцухта растений из гибридных популяций от скрещивания различных сортов ржи с донорами самофертильности.

Мужски стерильные аналоги инбредных линий получали методом насыщающих скрещиваний. Простые межлинейные гибриды получали от скрещивания стерильных линий с фертильными. В качестве материнского родителя использовали 10 мужски стерильных линий, относящихся к немчиновскому генопулу: ms Н-577, ms Н-649, ms Н-700, ms Н-732, ms Н-451, ms Н-1054, ms Н-1058, ms Н-1078, ms Н-1090, ms Н-1185. По массе 1000 зерен они значительно различались: наиболее мелкозерной была линия ms Н-451 (24,4 г), а наиболее крупнозерной – линия ms Н-1054 (28,3 г). В качестве отцовской формы были взяты мужски фертильные линии mf Н-842 и mf Н-1247, относящиеся соответственно к немчиновскому и саратовскому генопулам и являющиеся закрепителями стерильности. По массе 1000 зерен они существенно различались между собой: по многолетним данным линия mf Н-842 оказалась более мелкозерной (23,5 г), чем линия mf Н-1247 (27,5 г). Тестовые скрещивания провели в 2019 г на изолированных участках по схеме топкросса. Каждую линию высевали на делянке 5 м², которая опылялась окружающим ее тестером. В итоге получили 20 межлинейных гибридов F₁, полевые испытания которых вместе с родительскими формами провели в 2020 и 2021 гг на делянках 8,0 м² в 2-х кратной повторности при норме высева 500 зерен на 1м². Погодные условия в годы испытания сильно различались. В 2020 г обильные осадки в июне и июле (выпало 274,6 мм при норме 161,7 мм) вызвали раннее и сильное полегание растений, что послужило причиной формирования очень низкой массы 1000 зерен (на уровне 22,0 г). В 2021 г преобладала сухая и жаркая погода, осадков выпало 86,7% от многолетней нормы, растения не полегли и сформировали относительно крупное зерно (на уровне 34,0 г). Опытные делянки убирали в фазу полной спелости и определяли массу 1000 зерен в пересчете на 14%-ную влажность. Среднюю пробу на определение массы 1000 зерен брали с каждой делянки. Достоверность различий между вариантами оценивали методом дисперсионного анализа при уровне вероятности P=0,95 (Доспехов Б.А., 1983). Проверку на наличие эпистаза и разложение генетической вариации на аддитивную и доминантную компоненты проводили по методу Jinks J., Perkins L.M., Brees E.L. (1969) в интерпретации Федина М.А., Силис Д.Я. и Драгавцева В.А. (1973). Сущность предложенного метода состоит в скрещивании двух линий-тестеров с относительно большим числом других линий, отобранных из совокупности. Линии-тестеры подбирали с учетом максимальной контрастности по изучаемому признаку. Экспериментальные данные подвергали дисперсионному анализу, который состоял из двух этапов: 1) испытание на наличие эпистаза и 2) испытание на аддитивную и доминантную компоненты, если эпистаз отсутствует.

Результаты и обсуждение

Данные полевого испытания 20 межлинейных гибридов F₁ и 10 их материнских форм за 2020 и 2021 годы представлены в таблице 1.

Погодные условия в годы испытания существенно повлияли на величину изучаемого признака. Из-за сильного полегания растений в 2020 г масса 1000 зерен у материнских линий снизилась в среднем на 9,2 г, а у гибридов F₁ это снижение было больше и составило 11,1 г. Среднее превосходство гибридов F₁ над самообленными линиями по массе 1000 зерен составило 5,0% в 2020 г и 9,5% в 2021 г. Важно отметить, что на этом фоне почти все гибриды F₁ с участием тестера mf Н-1247 проявили более положительный тренд в сторону крупнозерности по сравнению с гибридами, где тестером была мелкозерная линия mf Н-842 (на 0,6 г в 2020 г и на 0,8 г в 2021 г). Лучшими по массе 1000 зерен за годы испытаний были гибриды F₁, полученные с участием стерильных линий ms Н-649, ms Н-1090 и ms Н-1054. Сравнительно мелкозерные гибриды получались при скрещивании обоих тестеров со стерильными линиями ms Н-451 и ms Н-1078. Результаты проверочного теста на наличие неаллельного взаимодействия генов, контролирующей изучаемый признак, представлены в таблице 2. Как видно, за годы исследований эпистатические эффекты генов на 5%-м уровне значимости выявить не удалось. На это указывают относительно низкие значения критерия F_{факт.} по сравнению со стандартным F_{табл.} (в 2020 г F_{факт.}=2,3 < F_{табл.}=3,2; в 2021 г F_{факт.}=2,2 < F_{табл.}=3,2). Следовательно, в генетической вариации признака масса 1000 зерен эпистатическая компонента достоверно не проявилась. Отсутствие этого типа взаимодействия служит

важным основанием для проведения дальнейшего анализа с целью выявления аддитивного взаимодействия генов и доминирования. Венгжин С., Смяловски Т. (1990) отмечали, что если эпистаз присутствует, то дальнейший анализ усложняется, так как этот феномен может существенно влиять на степень наследования признака, вызывая его усиление или ослабление.

Таблица 1

Средняя масса 1000 зерен у межлинейных гибридов F₁ и их материнских форм (г)

Материнская линия	Гибриды F ₁		Среднее	
	Тестер-опылитель mf Н-842	Тестер-опылитель mf Н-1247	Гибрид F ₁	Материнская линия
2020 год				
ms Н-577	24,0	24,6	24,3	22,5
ms Н-649	24,5	24,8	24,6	23,2
ms Н- 700	23,0	23,4	23,2	22,9
ms Н- 732	22,8	23,0	22,9	22,9
ms Н- 451	23,0	24,0	23,5	21,5
ms Н- 1054	23,8	23,4	23,6	22,4
ms Н- 1058	23,0	22,8	22,9	21,4
ms Н-1078	22,2	21,8	22,0	20,0
ms Н- 1090	23,6	24,8	24,2	22,8
ms Н-1185	20,4	23,4	21,9	21,8
Среднее:	23,0	23,6	23,3	22,2
НСР ₀₅	1,8			
2021 год				
ms Н- 577	33,0	35,4	34,2	30,1
ms Н-649	34,7	35,6	35,2	32,5
ms Н- 700	35,1	35,0	35,0	32,9
ms Н- 732	35,3	35,0	35,2	32,2
ms Н- 451	30,8	32,4	31,6	27,3
ms Н- 1054	35,1	35,2	35,2	33,4
ms Н- 1058	33,2	34,6	33,9	32,2
ms Н-1078	33,4	33,4	33,4	30,1
ms Н- 1090	35,9	36,5	36,2	32,4
ms Н-1185	34,0	35,0	34,5	31,1
Среднее:	34,0	34,8	34,4	31,4
НСР ₀₅	1,5			

Таблица 2

Тест на эпистатическое взаимодействие генов у межлинейных гибридов ржи по признаку масса 1000 зерен

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F _{факт.}	F _{05 табл}
2020 год					
Общая	47,0	19			
Повторности	1,9	1	1,9		
Линии	31,6	9	3,5	2,3	3,2
Ошибка	13,5	9	1,5		
2021 год					
Общая	38,4	19			
Повторности	0,2	1	0,2		
Линии	26,1	9	2,9	2,2	3,2
Ошибка	12,1	9	1,3		

Тест на аддитивное взаимодействие генов выявил достоверную значимость этого компонента (табл. 3). На это указывают высокие значения критерия $F_{\text{факт.}}$ по сравнению со $F_{\text{табл.}}$ (в 2020 г $F_{\text{факт.}}=3,9 > F_{\text{табл.}}=3,2$; в 2021 г $F_{\text{факт.}}=7,9 > F_{\text{табл.}}=3,2$). Эти данные подтверждают более ранее наше заключение о том, что в генетической дисперсии признака массы 1000 зерен у ржи доля аддитивных эффектов генов достоверно высокая [3]. В этой связи важно сослаться на другие общебиологические данные, подтверждающие, что аддитивная дисперсия является наиболее важной компонентой генетической вариации, так как именно она вносит основной вклад в генотипическую дисперсию признаков и является главной причиной сходства между родственными генотипами (Фолкнер Д.С., 1985).

Таблица 3

Тест на аддитивное взаимодействие генов у межлинейных гибридов ржи по признаку масса 1000 зерен

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт.}}$	$F_{05 \text{ табл}}$
2020 год					
Общая	72,4	19			
Повторности	1,4	1	1,4		
Линии	56,4	9	6,3	3,9	3,2
Ошибка	14,6	9	1,6		
2021 год					
Общая	124,4	19			
Повторности	0,7	1	0,7		
Линии	106,9	9	11,9	7,9	3,2
Ошибка	13,8	9	1,5		

Однако чисто аддитивный характер взаимодействия генов встречается сравнительно редко, чаще всего картина наследования является более сложной и причиной тому могут быть эффекты доминирования. Результаты нашего теста на доминирование аллельных генов показывают (табл. 4), что этот компонент вариации достоверно влиял на изменчивость признака массы 1000 зерен во все годы исследований (в 2020 г $F_{\text{факт.}}=5,9 > F_{\text{табл.}}=3,2$; в 2021 г $F_{\text{факт.}}=5,3 > F_{\text{табл.}}=3,2$). Отмечено, что наличие доминирования в локусах, детерминирующих крупнозерность, вполне ожидаемо и подтверждается проявлением инбредной депрессии по этому признаку у самоопыленных линий ржи.

Таблица 4

Тест на доминирование аллельных генов у межлинейных гибридов ржи по признаку масса 1000 зерен

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт.}}$	$F_{05 \text{ табл}}$
2020 год					
Общая	21,6	19			
Повторности	1,6	1	1,6		
Линии	17,1	9	1,9	5,9	3,2
Ошибка	2,9	9	0,32		
2021 год					
Общая	28,20	19			
Повторности	0,34	1	0,34		
Линии	23,40	9	2,60	5,3	3,2
Ошибка	4,46	9	0,49		

Подтверждением вышеизложенного может служить сравнительная оценка линий и гибридов по средним данным за годы испытания (табл. 5). Как видно, наиболее

крупнозерные гибриды были получены при скрещивании крупнозерных линий ms Н-1054, ms Н-649 и ms Н-1090 с крупнозерным тестером mf Н-1247. Наиболее мелкозерные гибриды были получены при сочетании мелкозерных линий ms Н-451 и ms Н-1078 с мелкозерным тестером mf Н-842.

Таблица 5

Сравнительная оценка межлинейных гибридов F₁ и их материнских форм по массе 1000 зерен (среднее за 2020-2021 гг.)

Материнская линия	Гибриды F ₁		Среднее	
	Тестер-опылитель mf Н-842	Тестер-опылитель mf Н-1247	Гибрид F ₁	Материнская линия
ms Н-577	28,5	30,0	29,3	26,3
ms Н-649	29,6	30,2	29,9	27,9
ms Н- 700	29,0	29,2	29,1	27,7
ms Н- 732	29,0	29,0	29,0	27,6
ms Н- 451	26,9	28,2	27,6	24,4
ms Н- 1054	29,5	29,3	29,4	28,3
ms Н- 1058	28,1	28,3	28,4	26,8
ms Н-1078	27,8	27,6	27,7	25,0
ms Н- 1090	29,8	30,7	30,2	27,6
ms Н-1185	27,2	29,2	28,2	26,5
Среднее:	28,5±0,32	29,2±0,30	28,9±0,28	26,8±0,40

Однако следует учитывать, что долевое соотношение эффектов аддитивных и доминантных генов значимо варьирует в зависимости от погодных условий года [5]. С целью выяснения стабильности этого соотношения мы провели расчеты генетических параметров D и H₁, измеряющих вклад соответственно аддитивных и доминантных эффектов генов. Данные показывают, что в 2020 г эти параметры составили соответственно 5,40 и 1,04, а в 2022 г – 11,35 и 2,05. Обращает на себя внимание устойчивое соотношение этих эффектов по годам: доля аддитивных эффектов варьировала на уровне 83,9-84,7%, а доля доминантных- на уровне 15,3-16,1%. Следовательно, в детерминации признака масса 1000 зерен преобладающую роль играет аддитивное взаимодействие генов. Однако и доля аллельного доминирования в локусах генов, влияющих на массу 1000 зерен, была существенной. На степень его проявления указывает соотношение H₁/D, величина которого в наших опытах была меньше единицы и очень мало изменялась по годам: в 2020 г она составила 0,19, а в 2022 г – 0,18. При этом степень доминирования (показатель $\sqrt{H_1/D}$) была неполной и также практически не изменялась по годам: в 2020 г она составила 0,44, а в 2021 г 0,43. Это указывает на устойчивое проявление неполного доминирования признака, т.е. доминантная аллель крупнозерности не полностью подавляет действие своего рецессивного аллеля, в результате чего гетерозиготные растения гибрида F₁ имеют промежуточный генотип по массе 1000 зерен.

Заключение

Таким образом, экспериментально доказано отсутствие неаллельного взаимодействия генов (эпистаз) в генетической детерминации признака масса 1000 зерен у межлинейных гибридов озимой ржи. В наследственную вариацию этого признака определяющий вклад вносят аддитивные и частично доминантные эффекты генов. Сделано заключение, что в гетерозисной селекции озимой ржи на основе ЦМС необходимо проводить селекцию инбредных линий на общую и специфическую комбинационную способность и выявлять те комплементарные пары, которые проявляют высокий гетерозис по массе 1000 зерен. Важно также стремиться к тому, чтобы все родительские формы гибрида были крупнозерными. Для получения таких линий целесообразно использовать методы рекуррентного отбора, а также конвергентную и кумулятивную селекцию.

Литература

1. Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. – М.: – 2014. – 369 с.
2. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Научные основы селекции озимой ржи. Казань. Изд-во ФЭН. – 2019. – 351 с.
3. Гончаренко А.А., Крахмалев С.В. Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Генетический анализ признаков продуктивности озимой ржи в диаллельных скрещиваниях // Вестник Саратовского госагроуниверситета. – 2012. – № 10. – С.25-29.
4. Волгин В.В., Обыдало А.Д., Бочкарев Б.Н. Наследование признака массы семян с растения у межлинейных гибридов подсолнечника // Масличные культуры. – 2017.- Вып. 4 (172). – С. 10-17.
5. Змиевская Е.А., Егоров Д.К. Наследование ценных признаков у простых гибридов F₁ озимой ржи // Селекція і насінництво. Київ. – 2015, Вып. 108. – С. 92-98.

References

1. Goncharenko A.A. Topical issues of winter rye breeding. - Moscow, - 2014. - 369 p.
2. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N. Scientific bases of winter rye breeding. Kazan'. Izd-vo FEN. - 2019. - 351 p.
3. Goncharenko A.A., Krakhmalev S.V. Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N. Genetic analysis of winter rye productivity traits in diallel crosses // *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta*. - 2012. - № 10. - Pp.25-29.
4. Volgin V.V., Obydalo A.D., Bochkarev B.N. Inheritance of seed weight trait per plant in interlinear sunflower hybrids // *Maslichnye kul'tury*. - 2017.- Iss. 4 (172). - Pp. 10-17.
5. Zmievskaia E.A., Egorov D.K. Inheritance of valuable traits in simple hybrids F₁ of winter rye // *Selektsiya i nasinnitstvo*. Kiev. - 2015, Iss. 108. - Pp. 92-98.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НОВЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ОРЛОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Е.В. ХМЕЛЕВА, кандидат технических наук, ORCID ID: 0000-0002-3867-6992,

E-mail: hmelevaev@bk.ru

Р.Х. КАНДРОКОВ*, кандидат технических наук, ORCID ID: 0000-0003-2003-2918,

E-mail: nart132007@mail.ru

Н.А. БЕРЕЗИНА**, доктор технических наук, ORCID ID: 0000-0001-7421-0332,

E-mail: prorektor4@orelsau.ru

Д.Н. КОРОЛЕВ, аспирант

В.С. СИДОРЕНКО***, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0002-9921-6105

E-mail: w.s.sidorenko@gmail.com

ФГБОУ ВО ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА, г. ОРЁЛ

* ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОСБИОТЕХ),
Г. МОСКВА

** ФГБОУ ВО ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА, Г. ОРЁЛ

*** ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, Г. ОРЁЛ

Цель исследований – определение потенциальных мукомольных и хлебопекарных свойств зерна новых сортов озимой мягкой пшеницы Синева и Орловская 32. Установлено, что исследуемые сорта пшеницы обладают хорошими мукомольными свойствами и могут быть рекомендованы для переработки в сортовую хлебопекарную муку на мукомольных заводах при составлении помольных смесей. Предложена помольная партия, состоящая из 50% зерна пшеницы сорта Синева и 50% зерна пшеницы сорта Орловская 32, формирование которой позволило обеспечить соответствующее требованиям ГОСТ для муки хлебопекарной, значение содержания сырой клейковины, как одного из основных показателей, формирующих такие важные для потребителя показатели качества изделий, как объем, пористость и формоустойчивость хлеба.

Ключевые слова: зерно, мягкая пшеница, выход муки, хлебопекарные свойства, мукомольные свойства.

Для цитирования: Хмелева Е.В., Кандроков Р.Х., Березина Н.А., Королев Д.Н., Сидоренко В.С. Технологический потенциал новых сортов пшеницы орловской селекции. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):110-122. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-110-122

TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF NEW WHEAT VARIETIES OF OREL BREEDING

E.V. Khmeleva, R.Kh. Kandrov*, N.A. Berezina, D.N. Korolev, V.S. Sidorenko*****

FSBEI HE I.S. TURGENEV OREL STATE UNIVERSITY, Orel

* FSBEI HE RUSSIAN BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY (ROSBIOTECH), Moscow

** FSBEI HE N.V. PARAKHIN OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY, Orel

*** FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: *The aim of the research is to determine the potential flour-milling and baking properties of new varieties of wheat grain (Sineva, Orlovskaya 32) grown in the Orel region. It is established that the studied wheat varieties have good flour-milling properties and can be recommended for processing into varietal baking flour at flour mills when making milling mixtures. The milling batch consisting of 50 % of wheat grain of Sineva variety and 50 % of wheat grain of Orlovskaya 32 variety is presented, the formation of which allowed to provide the value of crude gluten content corresponding to GOST requirements for baking flour, as one of the main indicators forming such important for consumers quality indicators of products as volume, porosity and form stability of bread.*

Keywords: grain, soft wheat, flour output, baking properties, flour-milling properties.

Введение. Зерно – важнейший стратегический продукт, определяющий не только стабильное функционирование аграрного рынка, но и продовольственную безопасность страны. Производство зерна является основой развития всех отраслей сельского хозяйства и перерабатывающей (мукомольной, крупяной, хлебопекарной, макаронной, комбикормовой, спиртовой) промышленности. По данным Росстат пшеница занимает первое место в России по посевным площадям (табл. 1) и валовому сбору (табл. 2) и является одной из основных зерновых культур [1]. В последние годы на ее долю приходится более половины зернового клина и соответственно валового сбора всех зерновых культур страны.

По продовольственной значимости и масштабам производства пшеница занимает ведущее место. Динамика изменения потенциальной урожайности современных сортов озимой мягкой пшеницы за последние 10 лет представлена на рисунке 1.

Таблица 1

Посевные площади зерновых культур (тыс. га)

Наименование культуры	2016	2017	2018	2019	2020
Зерновые и зернобобовые культуры, в том числе:	47 100	47 705	46 339	46 660	47 900
озимые зерновые культуры:	6 075	16 817	16 893	17 427	18 722
пшеница	14 041	14 954	15 296	15 835	16 914
рожь	1 262	1 180	978	849	980
ячмень	560	522	480	621	731
тритикале	212	160	138	121	98
Яровые зерновые и зернобобовые культуры:	31 025	30 889	29 447	29 234	29 178
пшеница	13 668	12 969	11 968	12 256	12 530
кукуруза на зерно	2 887	3 019	2 452	2 593	2 855
ячмень	7 762	7 488	7 845	8 172	7 799
овес	2 860	2 887	2 853	2 545	2 421
просо	435	265	260	393	446
гречиха	1 205	1 692	1 045	811	873
рис	208	187	182	194	197
Зернобобовые:	1 752	2 221	2 754	2 164	1 960
горох	1 071	1 328	1 435	1 252	1 314

Валовый сбор зерновых (млн. т)

Наименование культуры	В среднем за 2011-2015 гг.	2016	2017	2018	2019	2020
Зерно, в том числе	93,1	120,7	135,5	113,3	121,2	133,5
пшеница:	53,3	73,3	86,0	72,1	74,5	85,9
пшеница озимая	35,8	52,4	62,0	52,9	53,4	63,2
пшеница яровая	17,4	21,0	24,0	19,2	21,1	22,7
рожь	2,8	2,5	2,5	1,9	1,4	2,4
кукуруза на зерно	10,2	15,3	13,2	11,4	14,3	13,9
тритикале	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3
ячмень:	16,7	18,0	20,6	17,0	20,5	20,9
ячмень озимый	1,5	2,2	2,2	1,8	2,5	2,3
ячмень яровой	15,2	15,8	18,5	15,2	17,9	18,7
овес	4,8	4,8	5,5	4,7	4,4	4,1
просо	0,537	0,629	0,316	0,217	0,440	0,396
гречиха	0,791	1,187	1,525	0,932	0,786	0,892
рис	1,040	1,081	0,987	1,038	1,099	1,142
Зернобобовые, из них	2,2	2,9	4,3	3,4	3,3	3,4
горох	1,6	2,2	3,3	2,3	2,4	2,7

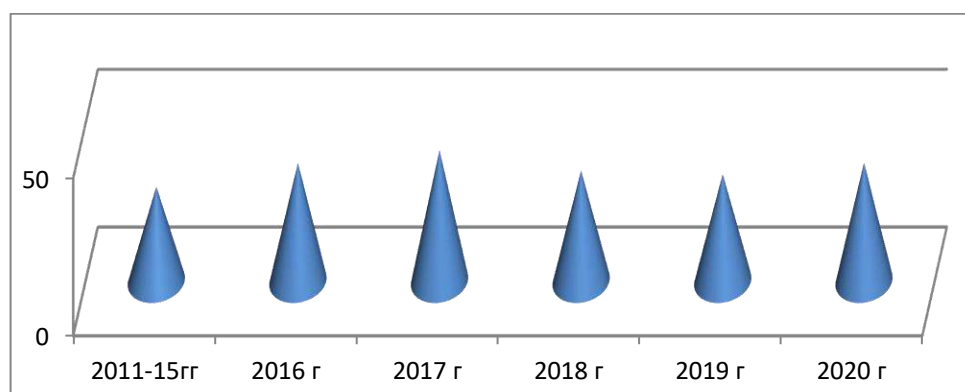


Рис. 1. Урожайность озимой мягкой пшеницы (ц/га)

Отмечается рост урожайности, что во многом связано с селекционными достижениями российских ученых, которые создают более устойчивые к болезням и всяческим стрессам сорта зерновых культур, и в частности пшеницы. Но для таких перерабатывающих отраслей, как мукомольная, хлебопекарная, макаронная, особую важность наряду с урожайностью представляет качество зерна и соответственно качество полученной из него муки.

В лаборатории селекции зерновых крупяных культур ФНЦ ЗБК (г. Орел) активно ведутся исследования по созданию принципиально новых генотипов и сортов пшеницы с высокой урожайностью, превышающей существующие отечественные и зарубежные стандарты для использования в широком спектре сельскохозяйственных, производственных и продовольственных целей [2, 3]. Среди новых сортов селекции хорошие результаты показали такие сорта озимой мягкой пшеницы, как Синева и Орловская 32. Именно они послужили объектами наших исследований в части мукомольных свойств зерна и хлебопекарных свойств муки.

Синева (оригинаторы: ФГБНУ ФНЦ ЗБК, ООО «ЗБК-Центр», АО «Щелково-Агрохим», патент на селекционное достижение № 10109 Пшеница мягкая озимая *Triticum aestivum* L. Синева; (РФ) зарег. 26.03.2019.), явно отличающаяся от известных сортов пшеницы по урожайности, устойчивости к полеганию и болезням зерновых культур за счет сильного воскового налета необычного фиолетового цвета. Специалистами лаборатории сорт создавался в течение 9 лет методом индивидуального отбора высокопродуктивных растений из гибридной популяции: Лютеценс АВСГ х Мироновская 67. С 2016 по 2019 гг. сорт Синева прошел государственное сортоиспытание был внесен в Госреестр охраняемых селекционных достижений.

Агрономические характеристики сорта пшеницы Синева: вегетационный период 297-310 дней, среднепоздний сорт, созревает на 5-7 дней позже стандартного сорта Скипетр, зерно крупное, масса 1000 зерен 45,1-47,1 г, средняя урожайность зерна на сортоучастках Орловской области 67,3-71,8 ц/га, максимальная урожайность 95 ц/га получена на Щигровском ГСУ в 2019 г. Посевные площади в Орловской области в 12 хозяйствах 8 районов (ООО «Дубовицкое» Малоархангельского района, КФХ «Пушиново» Новодеревеньковского района, КХ Половинкина В.И. Болховского района и других) в 2019 г. составили 4099 га [4]. Сорт Синева интенсивного типа и предназначен для выращивания на высоком агрофоне.

При создании этого сорта перед селекционерами стояла важная задача – получить такой сорт, чтобы и урожайность была высокой, и качество зерна не терялось, поскольку известна закономерность, что, чем выше урожайность, тем хуже зерно. В Орловской области выращивается более 400 тысяч гектаров озимой пшеницы, и все сорта, в основном, среднеспелые, то есть созревают в одно время. Урожайность этих сортов к концу уборки падает из-за недостатка сельскохозяйственной техники. Поэтому и назрела необходимость создания более поздних сортов, сохраняющих фотосинтетическую деятельность растений на 7-10 дней дольше, что дает возможность для дополнительного налива зерна, повышает урожайность, а также увеличивает период уборки.

Помимо высоких характеристик урожайности Синева толерантна к большинству листовых болезней, у нее имеется генетическая устойчивость к болезням. Сорт очень устойчив к осыпанию, ломкости колоса, и самое важное – к прорастанию зерна на корню.

Орловская 32 (оригинатор ФГБНУ ФНЦ ЗБК, передан на государственное испытание в 2020 г) создан методом индивидуального отбора высокопродуктивных, устойчивых к стрессам растений из гибридной популяции: Шарада х Немчиновская 24.

Агрономические характеристики сорта пшеницы Орловская 32: среднеранний, с продолжительностью вегетационного периода 283-291 суток, зерно средней крупности, масса 1000 зерен 40-45 г, натура 762-780 г/л. Средняя урожайность этого сорта за годы конкурсного сортоиспытания в ФНЦ ЗБК (2018-2020 гг.) составила 7,1 т/га, что на 0,75 т/га выше стандарта Скипетр. Максимальная урожайность 104 ц/га получена в КХ «Водолей» Свердловского района в 2023 году. Характеризуется высокой устойчивостью к полеганию, засухоустойчивостью, высокой стабильной урожайностью, более коротким вегетационным периодом, низкорослостью [5].

Целью исследований – определение потенциальных мукомольных и хлебопекарных свойств зерна новых сортов озимой мягкой пшеницы Синева и Орловская 32, выращенных в Орловской области.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследований использовали зерно озимой мягкой пшеницы сортов Синева и Орловская 32 селекции Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур, а также полученную из них хлебопекарную муку.

Методы исследований показателей качества зерна: – содержание белка, клейковины – на анализаторе цельного зерна «Инфратек» по методике, прилагаемой к прибору; – массовая доля влаги по ГОСТ 13586.5-2015; – натура по ГОСТ 10840-2017; – стекловидность по ГОСТ 10987-76; – массовая доля белка по ГОСТ 10846-91; – массовая доля сырой

клейковины в зерне и ее качество по ГОСТ Р 54478-2011; – число падения по ГОСТ 27676-88.

Измельчение зерна исследуемых сортов и помольных смесей на их основе проводили на мельницах лабораторного помола МЛП-4 с нарезными и гладкими микрошероховатыми вальцами в условиях лаборатории кафедры «Зерна и зернопродуктов» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств». Основные механико-кинематические показатели мельницы МЛП-4 с нарезными вальцами следующие: производительность – 100 кг/час, скорость быстровращающегося вальца 4,5 м/с, дифференциал 1,75, расположение рифлей спинка по спинке, количество рифлей на 1-ом погонном сантиметре – 8 штук, уклон рифлей 8%. Межвальцовый зазор на I драной системе составил 0,7 мм, на II драной системе – 0,3 мм, на III драной системе – 0,15 мм, на IV драной системе – 0,1 мм и на V драной системе – 0,08 мм. При подготовке зерна к лабораторным помолам в качестве гидротермической обработки (ГТО), являющейся обязательной операцией при сортовых хлебопекарных помолах, применяли холодное кондиционирование, как наиболее распространенный метод и наименее затратный способ.

Методы исследований мукомольных свойств зерна и хлебопекарных свойств муки:

– белизна муки на приборе СКИБ-М по методике, прилагаемой к прибору; - влажность муки по ГОСТ 9404-88; – количество и качество клейковины пшеничной муки по ГОСТ 27839-2013; – число падения муки по ГОСТ 27676-88; – водопоглотительная способность муки по отношению массы воды, связанной продуктом, к исходной массе; – распыляемость шарика клейковины по общепринятой методике [6]; – сахарообразующая способность муки – по содержанию мальтозы в водно-мучной вытяжке после нагревания на водяной бане при температуре 30°C в течении 30 мин [6]; – газообразующая способность муки – по количеству выделившегося CO₂ за 5 часов брожения теста [6]; – способность муки к потемнению – по органолептическому определению разницы окраски теста из 10 г муки и 5 см³ воды, которое помещают в увлажненный эксикатор (на дне налита вода), находящийся в термостате при температуре 40°C на 4 ч [6]; – органолептические показатели хлеба по ГОСТ 5667-65 и ГОСТ 27669-88; – влажность хлеба по ГОСТ 21094-75; – титруемая кислотность мякиша хлеба по ГОСТ 5670-96; – пористость мякиша по ГОСТ 5669-96; – формоустойчивость хлеба по отношению высоты хлеба к его диаметру (H/D); – удельный объем хлеба по ГОСТ 27669-88.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований были определены физико-химические и биохимические показатели качества зерна пшеницы (табл. 3), используемого в работе.

Анализ полученных результатов показал, что исследуемые сорта озимой пшеницы имеют различные показатели качества. По стекловидности пшеница Синева может быть отнесена к группе низко стекловидных пшениц (стекловидность менее 40%), а пшеница Орловская 32 – к группе средне стекловидных (стекловидность от 40 до 60%). Натура зерна имеет средние значения.

Таблица 3

Показатели качества зерна пшеницы (урожай 2021 г)

Наименование показателя	Значение показателя для сорта	
	Синева	Орловская 32
Влажность, %	12,8	11,0
Стекловидность, %	17	60
Натура, г/л	775	746
Количество сырой клейковины, %	24,9	28,0
Качество клейковины, ед. приб. ИДК	65	90
Число падения, с	212	253
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %	12,1	15,2

Показатель число падения, характеризующий активность ферментов зерна, и в первую очередь амилаз, не превышает установленных нормативом значений. Одними из важнейших показателей качества зерна пшеницы, используемой для производства хлебобулочных изделий, являются содержание белка, количество и качество клейковины, во многом зависящие от почвенно-климатических условий выращивания и уровня агротехники, и определяющие силу муки, полученной из этого зерна. По вышеперечисленным показателям пшеница Синева (содержание белка 12,1%, клейковины 24,9%) согласно ГОСТ 34702-2020 является пшеницей-филлером и может использоваться для подсортировки к пшенице сильной или средней для формирования помольной партии при производстве хлебопекарной муки. Пшеница Орловская 32 (содержание белка 15,2%, клейковины 28%) напротив обладает свойствами сильной пшеницы (пшеница-улучшитель) и может использоваться для формирования помольной партии при производстве хлебопекарной муки с целью улучшения хлебопекарных свойств слабой пшеницы и/или пшеницы-филлера и обеспечения получения стандартной по качеству хлебопекарной муки. Полученные результаты легли в основу составления помольных партий зерна, смешиваемых для обеспечения определенного значения одного или нескольких показателей качества и направляемых в помольную смесь. Была предложена помольная партия, состоящая из 50% зерна пшеницы сорта Синева и 50% зерна пшеницы сорта Орловская 32.

Для оценки мукомольных свойств зерна сортов Синева и Орловская 32 были произведены лабораторные помолы зерна и помольных смесей на их основе с определением выхода промежуточных продуктов измельчения в драном процессе. При этом смоделировали все 5 драных, крупобразующих систем. Полученные данные представлены в таблицах 4, 5.

Таблица 4

Выход промежуточных продуктов размола и муки из сортов Синева и Орловская 32

Технологическая система, величина межвальцового зазора, мм	Выход промежуточных продуктов, %							
	Синева				Орловская 32			
	сход 850 мкм	сход 450 мкм	сход 132 мкм	проход 132 мкм	сход 850 мкм	сход 450 мкм	сход 132 мкм	проход 132 мкм
I драная система, 0,70	82,9	7,3	7,4	3,1	84,2	6,6	6,8	2,4
II драная система, 0,30	55,8	14,0	7,6	3,1	74,6	7,2	3,1	1,6
III драная система, 0,15	31,8	14,3	7,4	2,2	45,5	16,3	8,0	2,7
IV драная система, 0,10	16,9	8,8	4,7	1,4	29,1	10,2	4,2	1,5
V драная система, 0,08	11,8	4,1	1,9	0,9	18,3	7,1	2,7	1,3
Всего:		48,5	29,0	10,7		47,4	24,8	9,5

Как видно из таблицы 4, общий выход промежуточных продуктов измельчения из зерна мягкой озимой пшеницы сортов Синева и Орловская 32 по результатам проведенного лабораторного помола составил 88,2% и 81,7%, в том числе 10,7% и 9,5% муки соответственно, что свидетельствует о высоких потенциальных мукомольных свойствах этих сортов зерна пшеницы. Мукомольные свойства предложенной помольной смеси пшеницы сорта Орловская 32 и сорта Синева (табл. 5) также оказались высоки: суммарное извлечение промежуточных продуктов измельчения на всех драных системах было повышенным, что свидетельствует о хорошем процессе крупобразования (общий выход промежуточных продуктов измельчения составил 90,2%, в том числе 9,8% муки).

Таблица 5

Выход промежуточных продуктов размола и муки из помольной смеси пшеницы сорта Орловская 32 и сорта Синева в соотношении 50 % на 50 %

Технологическая система, величина межвальцового зазора, мм	Выход промежуточных продуктов, %			
	Сход 850 мкм	Сход 450 мкм	Сход 132 мкм	Проход 132 мкм
I драная система, 0,70	88,3	7,1	7,1	2,8
II драная система, 0,30	49,2	16,3	12,4	4,3
III драная система, 0,15	25,2	18,2	3,7	2,3
IV драная система, 0,10	14,9	6,7	2,8	1,2
V драная система, 0,08	9,8	3,5	1,1	0,7
Всего:		51,8	27,1	11,3

Для наиболее объективной оценки потенциальных мукомольных свойств зерна был проведён анализ данных по выходу и белизне муки на всех технологических системах лабораторного помола (табл. 6).

Таблица 6

Выход потоков пшеничной муки со всех технологических систем

Технологическая система	Выход и белизна пшеничной муки, %/ед.пр. СКИБ-М		
	Синева	Орловская 32	50% Орловская 32 + 50% Синева
I драная система	3,2/33,8	2,6/26,4	2,8/29,2
II драная система	3,2/37,7	1,7/29,9	4,2/41,4
III драная система	2,3/37,9	2,9/33,7/	2,4/38,4
IV драная система	1,4/36,8	1,5/30,2	1,2/35,1
V драная система	0,9/30,6	1,3/25,9	0,7/24,4
Муки с драных систем, %	11,1	10,0	11,3
1 размольная система	36,0/59,5	30,5/54,4	32,3/58,4
2 размольная система	12,4/54,4	13,7/51,0	15,1/54,7
3 размольная система	10,8/49,7	10,2/42,1	10,8/43,8
4 размольная система	5,0/38,8	2,9/33,9	4,7/35,1
5 размольная система	2,2/31,2	2,7/26,9	2,6/26,7
6 размольная система	1,3/24,1	1,4/22,3	1,8/16,4
Муки с размольных систем, %	67,6	61,4	67,3
Муки В/с, %	59,2	29,9	47,5
Муки I с, %	19,6	40,3	31,1
Всего муки, %	78,8	70,2	78,6

Анализ полученных результатов лабораторного помола показал, что общий выход сортовой хлебопекарной муки из зерна мягкой озимой пшеницы сорта Синева составил 78,8%, из них 59,2% муки высшего сорта, 19,6% муки первого сорта и 21,2% отрубей, что свидетельствует о ее отличных потенциальных мукомольных свойствах. Общий выход сортовой хлебопекарной муки из зерна мягкой озимой пшеницы сорта Орловская 32 по результатам проведенного лабораторного помола составил 70,2%, из них 29,9% муки высшего сорта, 40,3% муки первого сорта и 21,2% отрубей, что свидетельствует о ее хороших потенциальных мукомольных свойствах. Общий выход сортовой хлебопекарной муки из помольной зерновой смеси составил 78,6%, в том числе 47,5% муки высшего сорта, 31,1% муки первого сорта и 21,4% отрубей, что также говорит об отличных потенциальных мукомольных свойствах этой смеси. Для обоснования технологической пригодности и возможности использования муки, полученной из новых сортов зерна озимой пшеницы, в хлебопекарном производстве была проведена оценка хлебопекарных свойств муки, определяющих качество выпеченного хлеба (табл. 7).

Хлебопекарные свойства муки из пшениц сортов Синева, Орловская 32 и помольной смеси

Наименование показателя	Значение показателя для сортов пшеничной муки:					
	высший сорт (Синева)	первый сорт (Синева)	высший сорт (Орловская 32)	первый сорт (Орловская 32)	высший сорт (50% Орловская 32 + 50% Синева)	первый сорт (50% Орловская 32 + 50% Синева)
Содержание белка, %	9,55	10,41	11,43	11,86	10,5	11,1
Массовая доля сырой клейковины, %	25,4	27,5	32,8	33,2	29,0	31,6
Качество клейковины, ед. пр. ИДК	70	76,5	94	96	82	90
Цвет клейковины	темно-кремовый	темно-кремовый	кремовый	кремовый	кремовый	кремовый
Растяжимость клейковины, см	9	10	12	19	10	17
Эластичность клейковины	хорошая	хорошая	хорошая	средняя	хорошая	средняя
Расплываемость шарика клейковины, мм						
0 мин	27	27	27	27	27	27
60 мин	29	30	28	33	33	34
120 мин	32	34	31	36	35	36
180 мин	34	35	35	40	37	39
Водопоглотительная способность муки, %	58,8	55,6	66,7	62,5	66,0	64,5
Число падения, с	320	318	420	426	415	420
Содержание сахаров, %	1,5	1,84	1,67	1,68	1,52	1,7
Сахарообразующая способность, мг мальтозы	210	232	260	267	292	298
Газообразующая способность, см ³ CO ₂ (за 5 часов)	1570	1761	1683	1725	1569	1710

В оценке хлебопекарного достоинства пшеничной муки первостепенное значение имеет ее сила, характеризующая способность муки образовывать тесто с определенными структурно-механическими свойствами, определяющая необходимое количество воды на замес теста, влияющая на свойства теста в технологическом процессе (стадиях брожения и расстойки), формирующая газо- и формоудерживающую способность теста, обуславливающая объем и пористость хлеба.

Анализируя состояние белково-протеиназного комплекса исследуемых сортов муки, можно отметить весомое преимущество муки, полученной из зерна пшеницы сорта Орловская 32, в части таких показателей как содержание белка и сырой клейковины, составляющих соответственно 11,43-11,86% и 32,8-33,2% для муки высшего и первого сортов. При этом качество клейковины характеризуется достаточно высокими значениями ИДК (94-96 ед. прибора), попадая в группу «удовлетворительно слабая». Следует отметить, что упругие свойства сырой клейковины образцов пшеничной муки из зерна сорта Орловская 32 не оптимальные для производства хлебобулочных изделий. Слабая клейковина (более 80 ед. пр. ИДК) с высокой эластичностью сильно растягивается и после растяжения форма образца не восстанавливается, тесто из такой муки расплывается. Под действием выделяющегося при брожении углекислого газа тесто из муки со слабой клейковиной быстро поднимается, а затем падает и не восстанавливает своего объема. Поэтому хлебобулочные изделия могут иметь малый объем, невысокую пористость.

Мука, полученная из зерна пшеницы сорта Синева, содержит невысокое количество белка и несоответствующее требованиям ГОСТ содержание сырой клейковины (9,55-10,41% и 25,4-27,5% соответственно), но по качеству клейковина относится к группе «хорошая».

Значения полученной водопоглотительной способности муки анализируемых сортов коррелируют с показаниями по содержанию белков и клейковины. Наиболее высокой водопоглотительной способностью обладает мука высшего сорта из пшеницы сорта Орловская-32, самой низкой - мука первого сорта из пшеницы сорта Синева.

Мука, полученная из предложенной помольной смеси (50% Орловская 32 + 50% Синева), по вышеперечисленным показателям белково-протеиназного комплекса занимает промежуточное положение, обеспечивая получение стандартной по качеству хлебопекарной муки, что подтверждает важность и правильность формирования помольных партий. Так, содержание сырой клейковины в муке высшего сорта составляет 29,0%, первого сорта – 31,6%, по качеству клейковина «удовлетворительно слабая» (82-90 ед. пр. ИДК), водопоглотительная способность 64,5-66%.

Формирование помольной партии зерна позволило обеспечить соответствующее требованиям ГОСТ для муки хлебопекарной значение содержания сырой клейковины (для муки высшего сорта не менее 28%, для муки первого сорта не менее 30%), как одного из основных показателей, формирующих такие важные для потребителя показатели качества изделий, как объем и пористость хлеба.

Не менее важным хлебопекарным свойством муки является ее газообразующая способность, от которой зависит процесс брожения теста, окраска, вкус, аромат и пористость хлеба. Известно, что эта способность зависит от содержания простых сахаров в муке и в большей степени от сахарообразующей способности самой муки. Сахарообразующая способность муки это способность обеспечивать дрожжи в процессе тестоведения достаточным количеством сахара и образовывать резерв остаточных сахаров, необходимых для получения хлеба нормального качества.

Из представленных в таблице 7 результатов исследований видно, что содержание собственных сахаров в анализируемых сортах муки, играющих роль на начальном этапе брожения теста, невелико (1,5-1,8%), а газообразующая способность всех сортов муки достаточно высока (1570-1760 см³), что указывает на активность амилолитических ферментов и податливость крахмала их действию. Число падения, косвенно характеризующее активность α -амилазы, составило 320-420 с, что позволяет предположить о невысокой активности этого нежелательного для пшеничного хлеба фермента. В тоже время

сахарообразующая способность (активность β -амилазы и податливость крахмала ее действию) у муки достаточно высока: из зерна сорта Синева составляет 210-232 мг мальтозы, Орловская 32 – 260-267 мг мальтозы, муки из помольной смеси – 292-298 мг мальтозы на 10 г муки. Вероятно это связано с размером частиц муки и степенью повреждения крахмальных зерен при помоле зерна, так как сахарообразующая способность муки из нормального непроросшего зерна пшеницы ввиду избыточного содержания β -амилазы в основном обуславливается атакуемостью ее крахмала. Чем мельче частицы муки и зерна крахмала и чем в большей мере они повреждены при размоле зерна, тем выше сахарообразующая способность муки.

Из светлой муки не всегда удаётся получить хлеб со светлым мякишем. Это связано со способностью муки к потемнению, которая определяется содержанием в муке свободной аминокислоты тирозина и активностью фермента полифенолоксидазы (тирозиныазы), катализирующего окисление тирозина с образованием тёмноокрашенных меланинов.

В результате исследования показателя способности муки к потемнению установили, что низкой способностью к потемнению обладают высшие сорта муки, полученные из зерна озимой пшеницы сортов Синева, Орловская 32, также из их смесей. В то время как мука первого сорта из зерна сорта Синева показала небольшую способность к потемнению лепешки теста. Вероятно, это может быть связано, во-первых, с попаданием периферийных частей зерновки при помоле, содержащих в себе ферменты, во-вторых, с предположительным наличием в зерне пшеницы сорта Синева и полученной из него муке антоциановых соединений.

Проанализированные показатели белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов муки дают характеристику одному или нескольким показателям ее качества и хлебопекарных свойств. Наиболее полной получается оценка муки по пробной выпечке (ГОСТ 27669-88). ГОСТ предусматривает безопасный способ приготовления теста из муки, воды, дрожжей и соли с определенной для каждого сорта муки влажностью теста, регламентированными параметрами брожения и выпечки изделий. В этом случае о хлебопекарных свойствах муки судят по качеству полученного из нее хлеба, а именно по органолептическим показателям изделия, объемному выходу формового хлеба и формоустойчивости подового. В дополнении к перечисленным показателям в исследованиях также произвели оценку основных показателей качества хлеба: влажности, пористости и кислотности выпеченных изделий. В таблице 8 и на рисунке 2 представлены результаты пробной выпечки.

Оценка хлебопекарных свойств муки пробной выпечкой показала следующее:

– мука пшеничная из зерна сорта Синева, несмотря на хороший показатель ИДК (70 и 76 ед. прибора соответственно), имеет низкое содержание клейковины (25,4 и 27,5% соответственно), в связи с чем, выпеченные хлебобулочные изделия имели невысокий объем и пористость, но хорошую формоустойчивость.

– мука пшеничная из зерна сорта Орловская-32 имеет самое высокое содержание клейковины (32,8 и 33,2% соответственно), но слабая по силе (показатель ИДК 94 и 96 ед. прибора соответственно), поэтому подовые изделия расплывчатые (обладают низкой формоустойчивостью), а формовые за счет повышенного содержания клейковины имеют высокий удельный объем и пористость.

– высокими значениями удельного объема, пористости и формоустойчивости обладают хлебобулочные изделия из муки высшего сорта помольной смеси (50% Орловская 32 + 50% Синева), что подтверждает необходимость смешивания разных по качеству партий муки.

Органолептические показатели, массовая доля влаги и титруемая кислотность всех выпеченных образцов соответствовали требованиям ГОСТ 31805-2018.

Органолептические и физико-химические показатели качества выпеченных изделий

Наименование показателя	Значение показателя для сортов пшеничной муки:					
	высший сорт (Синева)	первый сорт (Синева)	высший сорт (Орловская 32)	первый сорт (Орловская 32)	высший сорт (50% Орловская 32 + 50% Синева)	первый сорт (50% Орловская 32 + 50% Синева)
Внешний вид хлеба: форма	правильная	правильная	правильная	правильная	правильная	правильная
поверхность корки	ровная, гладкая	ровная, гладкая	ровная, гладкая	ровная, гладкая	ровная, гладкая	ровная, гладкая
цвет корки	светло-коричневый	коричневый	светло-коричневый	коричневый	коричневый	коричневый
Состояние мякиша: цвет	светлый	сероватый	светлый	сероватый	сероватый	сероватый
равномерность окраски	равномерная	равномерная	равномерная	равномерная	равномерная	равномерная
эластичность	эластичный	эластичный	эластичный	эластичный	эластичный	эластичный
Пористость мякиша: равномерность	не равномерная	не равномерная	равномерная	не равномерная	равномерная	не равномерная
крупность пор	средняя	средняя	мелкая	средняя	средняя	средняя
толщина стенок пор	тонкостенная	тонкостенная	тонкостенная	тонкостенная	тонкостенная	тонкостенная
липкость	не липкий	не липкий	не липкий	не липкий	не липкий	не липкий
Вкус	свойственный хлебу, без посторонних привкусов	свойственный хлебу, без посторонних привкусов	свойственный хлебу, без посторонних привкусов	свойственный хлебу, без посторонних привкусов	свойственный хлебу, без посторонних привкусов	свойственный хлебу, без посторонних привкусов
Хруст	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Комкуемость при разжёвывании	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Крошковатость	некрошащийся	некрошащийся	некрошащийся	некрошащийся	некрошащийся	некрошащийся
Формоустойчивость подового изделия (Н:Д)	0,59±0,02	0,53±0,02	0,43±0,02	0,41±0,02	0,53±0,02	0,43±0,02
Удельный объем формового хлеба, см ³ /г	2,62±0,1	2,80±0,1	2,87±0,1	2,90±0,1	2,99±0,1	2,84±0,1
Влажность хлеба, %	41,2±0,2	42,6±0,2	42,2±0,2	43,2±0,2	42,0±0,2	43,0±0,2
Пористость хлеба, %	77,6±0,5	75,1±0,5	79,9±0,5	78,0±0,5	78,4±0,5	77,1±0,5
Кислотность хлеба, %	1,2±0,2	1,6±0,2	1,4±0,2	1,6±0,2	1,4±0,2	1,8±0,2
Выход хлеба, %	143,0±1,0	143,4±1,0	139,4±1,0	142,2±1,0	142,6±1,0	143,0±1,0

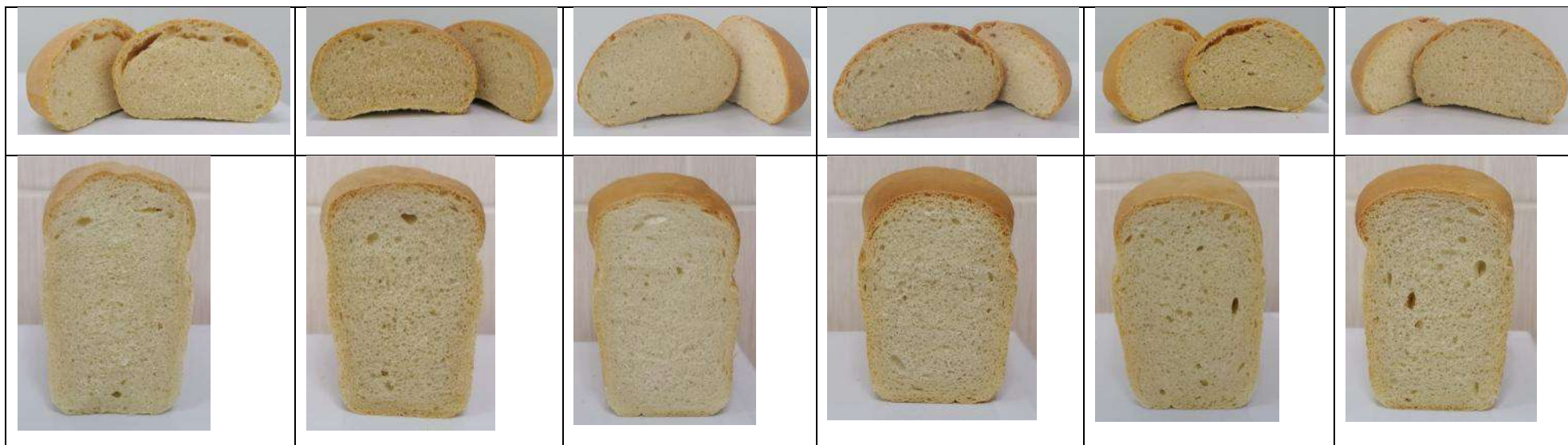


Рис. 2. Фото выпеченных образцов (слева направо: высший сорт Синева, 1 сорт Синева, высший сорт Орловская 32, 1 сорт Орловская 32, высший сорт 50% Орловская 32 + 50% Синева, 1 сорт 50% Орловская 32 + 50% Синева)

Заключение

Таким образом, по результатам проведенных исследований пшеницу Синева можно отнести к пшенице-филлеру и использовать для подсортировки к пшенице сильной или средней для формирования помольной партии при производстве хлебопекарной муки; пшеницу Орловская 32 – к пшенице-улучшителю для формирования помольной партии при производстве хлебопекарной муки с целью улучшения хлебопекарных свойств слабой пшеницы и/или пшеницы-филлера и обеспечения получения стандартной по качеству хлебопекарной муки.

Оценка технологического достоинства полученных сортов муки проведена по мукомольным и хлебопекарным свойствам. Исследуемые новые сорта пшеницы обладают хорошими мукомольными свойствами и могут быть рекомендованы для переработки в сортовую хлебопекарную муку на мукомольных заводах при составлении помольных смесей. Предложена помольная партия, состоящая из 50% зерна пшеницы сорта Синева и 50% зерна пшеницы сорта Орловская 32, формирование которой позволило обеспечить соответствующее требованиям ГОСТ для муки хлебопекарной значение содержания сырой клейковины, как одного из основных показателей, формирующих такие важные для потребителя показатели качества изделий, как объем, пористость и формоустойчивость хлеба.

Литература

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>
2. Вилунов, С.Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С. и др. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2022. – № 3 (43). – С. 73-83.
3. Зотиков, В. И., Сидоренко В. С., Матвейчук П. В. Продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы и сои в ООО "Дубовицкое" // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 1 (33). – С. 92-98.
4. Пшеница мягкая озимая Синева: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8354631/?ysclid=lb13xwufai789186862>
5. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. – Орел: Изд-во ООО «Картуш», – 2022. – 204 с. Авторы: Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Понарина В. И., Бобков С.В., Бударина Г.А., Грядунова Н.В. и др.
6. Корячкина, С.Я., Лабутина Н.В., Березина Н.А., Хмелева Е.В. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и хлебобулочных изделий. – Москва: ДеЛи плюс, – 2012. – 740 с.

References

1. Agricultural bulletins (electronic versions) <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>
2. Vilyunov S.D., Zotikov V.I., Sidorenko V.S. et al. Application of vegetation indices in breeding winter soft wheat // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2022. - № 3 (43). - Pp. 73-83.
3. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Matveichuk P. V. Productivity and grain quality of winter wheat and soybean varieties at Dubovitskoye LLC // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2020. - № 1(33). - Pp. 92-98.
4. Soft winter wheat Sineva: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8354631/?ysclid=lb13xwufai789186862>
5. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog. Orel, OOO PF «Kartush» Publ., 2022, 204 p.
6. Koryachkina S.Ya., Labutina N.V., Berezina N.A., Khmeleva E.V. Quality control of raw materials, semi-finished products and bakery products. Moscow: DeLi plus, 2012. - 740 p.

ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

В.И. БЛОХИН, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-5604-0154,

E-mail: bvikazan@bk.ru

И.Ю. НИКИФОРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID: 0000-0003-4313-2401, E-mail: irina220169@mail.ru.

И.С. ГАНИЕВА кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-9925-0178,

E-mail: irinaganieva1984@mail.ru.

М.А. ЛАНОЧКИНА, научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-5609-5529,

E-mail: lmar2701@mail.ru.

Ю.В. МАЛАФЕЕВА, научный сотрудник ORCID: 0000-0001-7461-381X,

E-mail: malxp@mail.ru

Д.С. ДЮРБИН, младший научный сотрудник E-mail: 19dyurbik83@mail.ru.

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН, г. КАЗАНЬ

Установление сопряженности уровня продуктивности зерна ярового ячменя с элементами структуры урожая в различных по уровню влаго- и теплообеспеченности условиях вегетации и выявление превалирующих влияний факторов дисперсии («условия года», «генотип», «взаимодействие») на изменчивость продуктивности зерна и элементов структуры проводили в полевых исследованиях Предкамской зоны республики Татарстан в 2019-2022 гг. Объект исследования – 9 двурядных пленчатых сортов ярового ячменя. Корреляционным анализом экспериментальных данных выявлена достоверная положительная связь продуктивности зерна с продуктивным стеблестоем ($r=0,85$); массой 1000 зерен ($r=0,70$); весом зерна с колоса ($r=0,65$); коэффициентом продуктивной кустистости ($r=0,50$); количеством сохранившихся растений к уборке ($r=0,43$). Результаты анализа путевых коэффициентов свидетельствовали о высоком положительном прямом вкладе (0,73) признака «продуктивный стеблестой»; среднем положительном прямом вкладе (0,38) признака «масса 1000 зерен» и (0,20) признака «вес зерна с колоса» в формировании продуктивности зерна. А достоверные коэффициенты корреляции продуктивности зерна с количеством растений к уборке ($r=0,43$) и коэффициентом продуктивной кустистости ($r=0,50$) обусловлены высокими косвенными эффектами продуктивного стеблестоя и массы 1000 зерен. Методом двухфакторного дисперсионного анализа установлен превалирующий вклад «условия года» в общую дисперсию признаков: «фактическая продуктивность зерна» 91,5%, «количество растений к уборке на 1 м²» 89,7%, «продуктивный стеблестой» 82,6%, «масса 1000 зерен» 82,2%, «вес зерна с колоса» 77,2% и «коэффициент продуктивной кустистости» 74,8%. Основной вклад в общую дисперсию признака «количество зерен в колосе» вносил фактор «генотип», на долю которого приходилось 84,1%.

Ключевые слова: яровой ячмень, элементы структуры, продуктивность, доля влияния, путевые коэффициенты.

Для цитирования: Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С., Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В., Дюрбин Д.С. Элементы структуры урожая и продуктивность зерна сортов ярового ячменя. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):123-130. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-123-130

ELEMENTS OF YIELD STRUCTURE AND GRAIN PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY VARIETIES

V.I. Blokhin, I.Yu. Nikiforova, I.S. Ganieva, M.A. Lanochkina, Yu.V. Malafeeva, D.S. Durbin

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE - SSU FRC «KazSC RAS», KAZAN

Abstract: *Determination of conjugation of spring barley grain productivity level with yield structure elements under different moisture- and heat-supply conditions of vegetation and identification of prevailing influences of dispersion factors ("year conditions", "genotype", "interaction") on variability of grain productivity and structure elements was conducted in field studies of Predkamskiy zone of the Republic of Tatarstan in 2019-2022. The object of the study was 9 double-row filmy varieties of spring barley. Correlation analysis of experimental data revealed a reliable positive relationship of grain productivity with productive stem ($r=0.85$); weight of 1000 grains ($r=0.70$); weight of grain per ear ($r=0.65$); productive bushiness coefficient ($r=0.50$); number of surviving plants to harvest ($r=0.43$). The results of analysis of path coefficients testified to high positive direct contribution (0,73) of "productive stem" trait; average positive direct contribution (0,38) of "1000 grains weight" trait and (0,20) of "grain weight per ear" trait in formation of grain productivity. Reliable correlation coefficients of grain productivity with the number of plants to harvest ($r=0.43$) and productive bushiness coefficient ($r=0.50$) were caused by high indirect effects of productive stem and 1000 grains weight. The method of two-factor analysis of variance revealed the dominant contribution of "year conditions" to the total variance of the following traits: "the actual productivity of the grain" 91,5%, "the number of plants at the harvest on 1 m²" 89,7%, "productive stem" 82,6%, "mass of 1000 grains" 82,2%, "weight of grains per ear" 77,2% and "productive bushiness" 74,8%. The main contribution to the total variance of the trait "number of grains in the ear" was the factor "genotype", which accounted for 84.1%.*

Keywords: spring barley, structure elements, productivity, share of influence, path coefficients.

Введение. В XXI столетии доля сорта в формировании величины и качества урожая возрастет с 20-40 до 70% и более (А.А. Жученко, 2000). Между тем, вариабельность продуктивности зерна ярового ячменя в зависимости от спектра изучаемых генотипов и гидротермических условий периода вегетации той или иной зоны возделывания на 65,0-90,5% обусловлена «капризами» погоды [1,2]. Вариабельность абиотических факторов среды в «критические» периоды формирования основных элементов продуктивности предопределяет величину урожайности зерна [3,4]. Изучение сопряженности уровня продуктивности зерна с элементами структуры урожая в различных по уровню влаго- и теплообеспеченности условиях вегетации позволяет установить точные и надежные критерии для отбора широко адаптированных и высоко продуктивных форм [5, 6].

Цель исследования – установить зависимость продуктивности зерна сортов ярового ячменя от элементов структуры; охарактеризовать структуру урожая в различных по влаго- и теплообеспеченности условиях вегетации; выявить превалирующее влияние факторов дисперсии («условия года», «генотип», «взаимодействие») на изменчивость продуктивности зерна и элементов структуры.

Методика исследований

Работа проведена в 2019-2022 гг. в полевых условиях Предкамской зоны на опытных полях Татарского НИИСХ. Объект исследования – 9 сортов ярового ячменя конкурсного испытания. Из них 3 сорта раннеспелые (Камашевский, Орлан, Поволжский 22); 3 сорта среднеспелые (Раушан, Белгородский 100, Нур); 3 сорта позднеспелые (Памяти Чепелева, Фандага, Эндан). Посев проводили в оптимальные сроки (III декада апреля и I декада мая) с нормой высева 5,5 млн. всхожих семян на 1 га, в четырехкратной повторности. Учетная площадь делянок 10 м². Почва опытного участка по гранулометрическому составу тяжелосуглинистая, характеризующаяся агрохимическими показателями (средние за годы

исследований): гумус – 3,44% (ГОСТ 26213-91); азот щёлочно-гидролизуемый – 89,5 мг/кг (А.Х. Корнфилду); подвижный фосфор – 269 мг/кг и калий – 158 мг/кг (метод Кирсанова модификации ЦИНАО; ГОСТ 26207-91); гидролитическая кислотность – 4,8 ммоль/100 г (метод Каппена модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91); $pH_{\text{сол}}$ – 5,9. Отмечали основные фенологические фазы развития растений ярового ячменя: «всходы», «кущение», «выход в трубку», «колошение», «полная спелость».

Гидротермические данные для характеристики межфазных периодов, были предоставлены метеостанцией Татарского НИИСХ. Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по Г.Т. Селянинов (1937). Учетные площадки $S=0,25 \text{ м}^2$ для изучения элементов структуры каждого сорта убирали вручную при наступлении фазы полной спелости зерна, определяли количество растений к уборке, количество колосьев и на основе этих данных вычисляли коэффициент продуктивной кустистости. Количество зерен с колоса подсчитывали путем деления количества зерен с растения на коэффициент продуктивной кустистости. Анализировали 10 растений в 2-х кратной повторности. Массу 1000 зерен подсчитывали по ГОСТ 10842-89. Абиотические условия среды в годы проведения исследований характеризовались значительной вариабельностью. По классификации типов увлажнения межфазных периодов вегетации по шкале, разработанной для условий Татарстана (О.Л. Шайтанов, М.Ш. Тагиров, 2018), 2019 г. характеризовался как влажный (ГТК=1,52), 2020 г. – засушливый (ГТК=0,89), 2021 г. – экстремально-засушливый (ГТК=0,21), 2022 г. – сильно-засушливый (ГТК=0,60). Парные коэффициенты корреляций (r) определяли между 7 количественными признаками 9 сортов за 4 года. Путевой анализ проводили по А.Н. Седловскому с соавторами (1982). Для вычислений прямых путевых коэффициентов, составили систему из 6 линейных уравнений и с помощью метода Крамера находили решения для этой системы. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли по Г.Ф. Лакину (1973).

Результаты исследований и их обсуждение

Нами установлена достоверная положительная зависимость продуктивности зерна от: количества сохранившихся растений к уборке ($r=0,43$); коэффициента продуктивной кустистости ($r=0,50$); продуктивного стеблестоя ($r=0,85$); массы 1000 зерен ($r=0,70$); веса зерна с колоса ($r=0,65$), (табл. 1). Судя по величине коэффициента детерминации (r^2), наиболее тесно продуктивность зерна сортов связана с продуктивным стеблестоем и массой 1000 зерен. Так 72,3% ($0,85^2$) колебаний в продуктивности вызываются колебаниями продуктивного стеблестоя и 49,0% ($0,70^2$) колебаний в продуктивности вызываются колебаниями массы 1000 зерен.

Таблица 1

Парные коэффициенты корреляции (r) количественных признаков сортов ярового ячменя, 2019-2022 гг.

Признак	Единица измерения	1	2	3	4	5	6	7
1. Продуктивность зерна	т/га	-						
2. Количество растений к уборке	1 м ²	0,43'	-					
3. Коэффициент продуктивной кустистости	-	0,50"	-0,43'	-				
4. Продуктивный стеблестой	шт./ м ²	0,85"	0,69"	0,33	-			
5. Количество зерен в колосе	шт.	-0,02	0,00	-0,25	-0,22	-		
6. Масса 1000 зерен	г	0,70"	-0,25	0,72	0,30	-0,07	-	
7. Вес зерна с колоса	г	0,65"	-0,24	0,58"	0,19	0,31	0,92"	-

Примечание: здесь и далее символ «'» – коэффициент корреляции существенен при уровне значимости 5%; символ «"» – коэффициент корреляции существенен при уровне значимости 1%

В условиях Предкамской зоны за исследуемый период нами не установлена прямолинейная связь продуктивности зерна с количеством зерен в колосе ($r=-0,02$).

Основные компоненты структуры урожая образуют сложную соподчиненную структуру, поэтому для детального изучения влияния того или иного элемента на продуктивность зерна мы применили метод путевых коэффициентов, позволяющий вычлнить прямой вклад одного элемента и косвенные вклады других, (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Система линейных уравнений, соответствующих элементу структуры урожая

Признак	Единица измерения	Система линейных уравнений	Прямой вклад
1. Количество растений к уборке	1 м ²	$P_1-0,43P_2+0,69P_3+0,00P_4-0,25P_5-0,24P_6=0,43$	0,03
2. Коэффициент продуктивной кустистости	-	$-0,43P_1+P_2+0,33P_3-0,25P_4+0,72P_5+0,58P_6=0,50$	-0,09
3. Продуктивный стеблестой	шт./м ²	$0,69P_1+0,33P_2+P_3-0,22P_4+0,30P_5+0,19P_6=0,85$	0,73
4. Количество зерен в колосе	шт.	$0,00P_1-0,25P_2-0,22P_3+P_4-0,07P_5+0,31P_6=-0,02$	0,07
5. Масса 1000 зерен	г	$-0,25P_1+0,72P_2+0,30P_3-0,07P_4+P_5+0,92P_6=0,70$	0,38
6. Вес зерна с колоса	г	$-0,24P_1+0,58P_2+0,19P_3+0,31P_4+0,92P_5+P_6=0,67$	0,20

Таблица 3

Прямые и косвенные вклады элементов структуры в формирование продуктивности зерна, 2019-2022 гг.

Признак	1	2	3	4	5	6	r
1.Количество растений к уборке на 1 м ²	0,03*	0,04	0,50	0,00	-0,09	0,05	0,43'
2. Коэффициент продуктивной кустистости	-0,01	-0,09*	0,24	-0,01	0,27	0,11	0,50''
3. Продуктивный стеблестой, шт./м ²	0,02	-0,03	0,73*	-0,01	0,11	0,03	0,85''
4. Количество зерен в колосе	0,00	0,02	-0,15	0,07*	-0,03	0,06	-0,02
5. Масса 1000 зерен, г	-0,01	-0,06	0,22	-0,01	0,38*	0,18	0,70''
6. Вес зерна с колоса, г	-0,00	-0,05	0,13	0,02	0,35	0,20*	0,65''
Остаточное (неучтенные факторы) $P_0 = 0,17$							

Примечание: символом «» выделены путевые коэффициенты, характеризующие прямые эффекты; подчеркнуты путевые коэффициенты, характеризующиеся высокими косвенными вкладами; r – коэффициент корреляции зависимости урожайности зерна от элементов структуры*

Результаты анализа путевых коэффициентов свидетельствовали:

- о низком прямом (0,03) и низких косвенных вкладах признака «количество растений к уборке на 1 м²» в продуктивность зерна;
- о низком прямом (-0,09) и низких косвенных вкладах признака «коэффициент продуктивной кустистости» в продуктивность зерна;
- о низком прямом (0,07) и низких косвенных вкладах признака «количество зерен в колосе» в продуктивность зерна;

– о высоком положительном прямом вкладе (0,73) признака «продуктивный стеблестой» в продуктивность зерна. Его косвенный вклад был положительным в связях продуктивности зерна с количеством растений к уборке (0,50), продуктивной кустистостью (0,24), массой 1000 зерен (0,22);

– о среднем положительном прямом вкладе (0,38) признака «масса 1000 зерен» в продуктивность зерна. Его косвенный вклад был положительным в связях продуктивности зерна с коэффициентом продуктивной кустистости (0,27), весом зерна с колоса (0,35);

– о среднем положительном прямом вкладе (0,20) признака «веса зерна с колоса» в продуктивность зерна. Его косвенный вклад был положительным в связях продуктивности зерна с массой 1000 зерен (0,18);

– о том, что достоверные коэффициенты корреляции продуктивности зерна с количеством растений к уборке ($r=0,43$) и продуктивной кустистостью ($r=0,50$) обусловлены высокими косвенными эффектами продуктивного стеблестоя и массы 1000 зерен.

Методом путевых коэффициентов в условиях Предкамской зоны за период 2019-2022 гг. выявлено, что признаки «продуктивный стеблестой», «масса 1000 зерен» и «вес зерна с колоса» характеризовались высокими и средними положительными прямыми и косвенными вкладами в продуктивность зерна сортов ячменя.

Гидротермические условия периода «всходы-колошение» определяют густоту продуктивного стеблестоя и количество зерен в колосе, а периода «колошение-полная спелость» – массу 1000 зерен [7].

Структура урожая 2019 г. (табл. 4) характеризовалась достоверно высокими средними сортовыми значениями продуктивного стеблестоя, массы 1000 зерен и веса зерна с колоса (641,78 шт./м²; 52,4 г; 0,74 г, соответственно). Обусловлено это влажными условиями периода «всходы-кущение» (ГТК=1,41) и слабо засушливыми условиями периода «кущение-выход в трубку» (ГТК=1,03) и избыточно влажными условиями периода «колошение-полная спелость» (ГТК=2,27). Как итог – средняя сортовая фактическая продуктивность зерна составила 4,41 т/га.

Структура урожая 2020 г. характеризовалась достоверно высокими средними сортовыми значениями продуктивного стеблестоя и достоверно низкими значениями массы 1000 зерен и веса зерна с колоса (651,14 шт./м²; 39,7 г; 0,55 г, соответственно). Обусловлено это избыточно влажными условиями периодов «всходы-кущение» (ГТК=2,34) и «кущение-выход в трубку» (ГТК=1,99) и сухими условиями периода «колошение-полная спелость» (ГТК=0,57). Как итог – средняя сортовая фактическая продуктивность зерна составила 3,39 т/га или 76,8% к уровню фактической продуктивности 2019 года.

В 2021 г. в условиях экстремальной засухи (ГТК≤0,3) межфазных периодов имела место значительная депрессия всех компонентов структуры урожая: коэффициент продуктивной кустистости (0,98); продуктивный стеблестой (314,46 шт./м²); масса 1000 зерен (33,1 г), веса зерна с колоса (0,46 г). Как итог – средняя сортовая фактическая продуктивность зерна составила 1,25 т/га или 28,3% к уровню фактической продуктивности 2019 года.

Структура урожая 2022 г. характеризовалась достоверно высокими значениями коэффициента продуктивной кустистости, массы 1000 зерен и веса зерна с растения (2,04; 49,9 г; 0,70 г, соответственно). Высокий коэффициент продуктивной кустистости был обусловлен изреженными всходами и избыточно влажными условиями периода «посев-всходы» (ГТК=4,68). Как итог – средняя сортовая фактическая продуктивность зерна составила 2,75 т/га или 62,3% к уровню фактической продуктивности 2019 года.

Таблица 4

**Средне сортовые значения продуктивности зерна и элементов структуры,
2019-2022 гг.**

Год	ЧРпУ, м ²	ПК	ПСт, шт./м ²	ЧЗвК	МТЗ, г	МЗсК, г	ФПЗ, т/га	БПЗ, т/га
2019	401,11	1,60	641,78**	14,16	52,4**	0,74**	4,41**	4,76
2020	462,00**	1,41	651,14**	13,83	39,7	0,55	3,39	3,58
2021	320,22	0,98•	314,46•	13,82	33,1•	0,45•	1,25•	1,45
2022	202,44•	2,04**	412,58	13,99	49,9**	0,70**	2,75	2,88
среднее	346,86	1,51	502,36	13,98	43,79	0,61	2,95	3,17
НСР _{0,05}	32,48	0,20	56,34	незнач.	3,77	0,06	0,26	
F-крит. Фишера	102,26	38,34	50,96	0,13	49,29	37,19	211,95	

*Примечание: символом «**» выделены достоверно высокие значения, символом «•» выделены достоверно низкие значения. ЧРпУ, м² – количество растений к уборке; ПК – продуктивная кустистость; ПСт, шт./м² – продуктивный стеблестой; МТЗ, г – масса 1000 зерен; МЗсК, г – вес зерна с колоса; ФПЗ, т/га – фактическая продуктивность зерна; БПЗ, т/га – биологическая продуктивность зерна; здесь и далее F-критерий Фишера.*

Нами установлен преобладающий вклад «условия года» в общую дисперсию признаков: «фактическая продуктивность зерна» 91,5%, «количество сохранившихся растений к уборке на 1 м²» 89,7%, «продуктивный стеблестой» 82,6%, «масса 1000 зерен» 82,2%, «вес зерна с колоса» 77,2% и «коэффициент продуктивной кустистости» 74,8%, (табл. 5).

Таблица 5

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа экспериментальных
данных за 2019-2022 гг.**

Признак	Фактор дисперсии	SS	mS	F _{факт}	F ₀₅	Доля, %
Фактическая продуктивность зерна, т/га	год	189,93	63,31	3316,98	2,03	91,5
	генотип	4,92	0,62	32,24	2,07	2,4
	взаимод.	10,59	0,44	23,14	1,63	5,1
Число растений перед уборкой на 1 м ²	год	676897,88	225632,63	1239,81	2,03	89,7
	генотип	12445,50	1555,69	8,55	2,07	1,6
	взаимод.	58562,19	2440,09	13,41	1,63	7,8
Продуктивный стеблестой, шт./м ²	год	1483009,63	494336,53	6861,81	2,03	82,6
	генотип	209107,23	26138,40	362,82	2,07	11,6
	взаимод.	101023,59	4209,32	58,43	1,63	5,6
Масса 1000 зерен, г	год	4628,77	1542,92	65528,0	2,03	82,2
	генотип	612,23	76,53	3250,15	2,07	10,9
	взаимод.	390,37	16,27	690,79	1,63	6,9
Масса зерна с колоса, г	год	0,97	0,32	1676,67	2,03	77,2
	генотип	0,18	0,02	114,19	2,07	14,0
	взаимод.	0,11	0,00	22,21	1,63	8,2
Коэффициент продуктивной кустистости	год	10,36	3,45	232,97	2,03	74,8
	генотип	1,58	0,20	13,29	2,07	11,4
	взаимод.	1,38	0,06	3,87	1,63	9,9
Число зерен в колосе	год	0,99	0,33	4,14	2,03	1,1
	генотип	74,36	9,29	116,18	2,07	84,1
	взаимод.	10,18	0,42	5,30	1,63	11,5

Примечание: взаимод. – взаимодействие «генотип x год»; SS – сумма квадратов, mS – средний квадрат.

Высокая зависимость вышеперечисленных количественных признаков от условий года обусловлена значительной вариабельностью гидротермических показателей межфазных периодов вегетации растений ярового ячменя в годы проведения исследований.

Анализ литературных источников так же свидетельствовал о высоком вкладе фактора «условия года» в изменчивость признаков: «урожайность зерна» (79,6-93,0%) [8, 9]; «масса 1000 зерен» (82,2...82,7%) [10, 11]; «продуктивный стеблестой» (66,8%) [12].

Методом двухфакторного дисперсионного анализа экспериментальных данных нами установлено, что в условиях Предкамской зоны РТ основной вклад в общую дисперсию признака «количество зерен в колосе» вносит фактор «генотип», на долю которого приходится 84,1%.

Заключение

Таким образом, в условиях Предкамской зоны РТ за исследуемый период методом путевых коэффициентов выявлено, что признаки «продуктивный стеблестой», «масса 1000 зерен» и «вес зерна с колоса» характеризовались высокими и средними положительными прямыми и косвенными вкладами в продуктивность зерна.

Методом двухфакторного дисперсионного анализа установлен превалирующий вклад «условия года» в общую дисперсию признаков: «фактическая продуктивность зерна» 91,5%, «количество растений к уборке на 1 м²» 89,7%, «продуктивный стеблестой» 82,6%, «масса 1000 зерен» 82,2%, «вес зерна с колоса» 77,2% и «коэффициент продуктивной кустистости» 74,8% и превалирующий вклад «генотип» в общую дисперсию признака «количество зерен в колосе», на долю которого приходилось 84,1%.

Работа выполнена по государственному заданию «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработке сберегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды». № регистрации 122011800138-7.

Литература

1. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Продуктивность и стрессоустойчивость сортов ярового ячменя Омской селекции в условиях Южной лесостепи западной Сибири // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т.14. – № 2. – С. 24-28. doi:10.31367/2079-8725-80-2-24-28
2. Ерошенко Л.М., Ромахин М.М., Ерошенко Н.А. и др. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостабильность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183. – № 1. – С. 38-47. doi:10.30901/2227-8834-2022-1-38-47
3. Филенко Г.А., Васильченко С.А., Донцов Д.П. Продуктивность сорта ярового ячменя Леон в зависимости от метеусловий в Южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 1 (49). – С. 43-49.
4. Анисимова Н.Н., Ионова Е.В. Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя и их вклад в формирование высокой продуктивности растений // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 5. – С. 40-43.
5. Паламарчук Д.П., Козаченко М.Р., Святченко С.И. Использование метода путевых коэффициентов S. Wright для статистического анализа системы взаимосвязанных признаков риса // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – Т. 23. – № 4. – С. 430-438. doi:10.18699/VJ19.511
6. Мясникова М.Г., Мальчиков П.Н., Чахеева Т.В. Значимость компонентов урожайности сортов яровой твердой пшеницы из России и Казахстана // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 5 (71). – С. 73-79. doi: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-73-79
7. Завалин А.А., Пасынкова Е.Н., Пасынков А.В. Зависимость урожая зерна яровой пшеницы от гидротермических условий межфазных периодов вегетации // Плодородие. – 2010. – № 4. – С. 6-8.
8. Максимов Р.А., Киселёв Ю.А. Сравнительная оценка адаптивности и стабильности сорта ячменя Памяти Чепелева // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 6. – С. 33-36. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10608
9. Левакова О.В., Ерошенко Л.М., Ерошенко А.Н. и др.. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 3. – С. 30-33. doi: 10.28983/asj.y2021i3pp30-33
10. Юсова О.А., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. - 2020. - Т. 34. - № 2. - С. 24-28. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10205

11. Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С. Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В. Анализ адаптивного потенциала сортов и линий ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – 4(44). – С. 163-172. doi: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172
12. Максимов Р.А. Множественный регрессионный анализ как способ дифференциации урожайности по фазам роста и развития генотипов (*Hordeum vulgare* L.) // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 4. – С. 24-34. doi:10.24411/0235-2451-2021-10404

References

1. Nikolayev P.N, Yusova O.A, Anis'kov N.I, Safonova I.V. Produktivnost' i stressoustoychivost' sortov yarovogo yachmenya Omskoy seleksii v usloviyakh Yuzhnoy lesostepi zapadnoy Sibiri [Productivity and stress resistance of spring barley varieties of Omsk breeding in the conditions of the Southern forest-steppe of Western Siberia]. Zernovoye khozyaystvo Rossii. 2022. T.14. № 2. S. 24-28. doi: 10.31367/2079-8725-80-2-24-28(In Russia)
2. Yeroshenko L.M, Romakhin M.M, Yeroshenko N.A i dr. Urozhaynost', plastichnost', stabil'nost' i gomeostabil'nost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Nechernozemnoy zony [Yield, plasticity, stability and homeostasis of spring barley varieties in the Nonchernozem zone]. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii. 2022. Tom 183. № 1. S. 38-47. doi: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47 (In Russia)
3. Filenko G.A, Vasil'chenko S.A, Dontsov D.P. Produktivnost' sorta yarovogo yachmenya Leon v zavisimosti ot meteusloviy v Yuzhnoy zone Rostovskoy oblasti [Productivity of indicators of spring barley Leon depending on weather conditions in the South Rostov Region]. Zernovoye khozyaystvo Rossii. 2017. № 1 (49). S.43-49. (In Russia)
4. Anisimova N.N, Ionova Ye.V. Elementy struktury urozhaya sortov yarovogo yachmenya i ikh vklad v formirovaniye vysokoy produktivnosti rasteniy [Elements of the spring barley yield structure and their contribution to the formation of high plant productivity]. Zernovoye khozyaystvo Rossii. 2016. № 5. S.40-43. (In Russia)
5. Palamarchuk D.P, Kozachenko M.R, Svyatchenko S.I. Ispol'zovaniye metoda putevykh koeffitsiyentov S. Wright dlya statisticheskogo analiza sistemy vzaimosvyazannykh priznakov risa [Using the S. Wright path coefficient method for statistical analysis of a system of interrelated traits in rice]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii. 2019. tom 23. № 4. S. 430-438. doi:10.18699/VJ19.511 (In Russia)
6. Myasnikova M.G, Mal'chikov P.N, Chakheyeva T.V. Znachimost' komponentov urozhaynosti sortov yarovoy tverdoy pshenitsy iz Rossii i Kazakhstana [The significance of yield components of spring durum wheat varieties from Russia and Kazakhstan]. Zernovoye khozyaystvo Rossii. 2020. № 5 (71). S. 73-79. doi: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-73-79 (In Russia)
7. Zavalin A.A, Pasyukova YeN, Pasyukov A.V. Zavisimost' urozhaya zerna yarovoy pshenitsy ot gidrotermicheskikh usloviy mezhfaznykh periodov vegetatsii [Dependence of the grain yield of spring wheat on the hydrothermal conditions of the interphase periods of vegetation]. Plodorodiye. 2010. № 4. S. 6-8. (In Russia)
8. Maksimov R.A, Kiselov YU.A. Sravnitel'naya otsenka adaptivnosti i stabil'nosti sorta yachmenya Pamyati Chepeleva [Comparative assessment of the adaptability and stability of the barley variety Pamyati Chepelev. Achievements of science and technology of the APK]. 2019. tom 33. № 6. S. 33-36. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10608 (In Russia)
9. Levakova O.V, Yeroshenko L.M, Yeroshenko A.N i dr. Otsenka zernovoy produktivnosti i adaptivnosti otechestvennykh i zarubezhnykh sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Nechernozemnoy zony RF [Evaluation of grain productivity and adaptability of domestic and foreign varieties of spring barley in the conditions of the Nonchernozem zone of the Russian Federation]. Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2021. № 3. S. 30-33. doi: 10.28983/asj.y2021i3pp30-33 (In Russia)
10. Yusova O.A, Nikolayev P.N, Anis'kov N.I, Safonova I.V. Adaptivnost' sortov yachmenya po priznaku «mасса 1000 зерен» v usloviyakh Lesostepi Omskoy oblasti [Adaptability of barley varieties on the basis of "mass of 1000 grains" in the conditions of the forest-steppe of the Omsk region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. t. 34. № 2. S. 24-28. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10205 (In Russia)
11. Blokhin V. I., Nikiforova I.YU, Ganiyeva I.S., Lanochkina M.A, Malafeyeva YU.V. Analiz adaptivnogo potentsiala sortov i liniy yarovogo yachmenya po priznaku «mасса 1000 зерен» [Analysis of the adaptive potential of varieties and lines of spring barley on the basis of "mass of 1000 grains"]. Zernobobovyie i krupyanyye kul'tury. 2022; 4(44): 163-172. doi: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172 (In Russia)
12. Maksimov R.A. Mnozhestvennyy regressionnyy analiz kak sposob differentsiatsii urozhaynosti po fazam rosta i razvitiya genotipov (*Hordeum vulgare* L.) [Multiple regression analysis as a way to differentiate productivity by growth phases and development of genotypes (*Hordeum vulgare* L.)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. t. 35. № 4. S. 24-34. doi:10.24411/0235-2451-2021-10404 (In Russia)

ПРОДУКТИВНОСТЬ НЕКТАРА И ЕГО ДОСТУПНОСТЬ ДЛЯ МЕДОНОСНЫХ ПЧЁЛ У НОВЫХ ГИБРИДОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

З.А. ЗАРЬЯНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: zaryanova59@mail.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

Новые гибриды клевера лугового содержали доступный для пчёл концентрированный нектар. Длина трубки венчика цветка диплоидных гибридов составляла 9,6-9,9 мм, тетраплоидных гибридов – 10,0-11,3 мм при значении этого показателя у стандарта Орлик (2n) – 9,8 мм, у стандарта Памяти Лисицына (4n) – 10,6 мм. В цветках новых диплоидных гибридов клевера лугового содержалось 0,34-0,37 мг нектара. Это было незначительно меньше (на 0,03-0,06 мг) диплоидного стандарта Орлик (0,40 мг). В цветках тетраплоидных гибридов клевера лугового накапливалось 0,43-1,03 мг (в среднем 0,62 мг) нектара. Это превышало диплоидный стандарт на 0,22 мг, тетраплоидный стандарт на 0,11 мг. Содержание сахара в нектаре диплоидных гибридов составило в среднем 38,2%, у тетраплоидных гибридов – в среднем 33,8%. Для дальнейшей селекционной работы представляют интерес новые тетраплоидные гибриды клевера лугового, имеющие укороченную трубку венчика цветка и выделившие наибольшее количество нектара с повышенной концентрацией сахара – Polli x Red head, Юбилейка x ВИК 84.

Ключевые слова: клевер луговой, селекция, гибрид, соцветие, цветок, трубка венчика цветка, пчёлы, нектар, продуктивность нектара, сахаристость нектара, сбор сахара с нектаром.

Для цитирования: Зарьянова З.А. Продуктивность нектара и его доступность для медоносных пчёл у новых гибридов клевера лугового. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):131-139. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-131-139

NECTAR PRODUCTIVITY AND ITS AVAILABILITY TO HONEY BEES IN NEW HYBRIDS OF RED CLOVER

Z.A. Zaryanova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: *The new red clover hybrids contained concentrated nectar available to bees. The length of flower corolla tube of diploid hybrids was 9.6-9.9 mm, of tetraploid hybrids - 10.0-11.3 mm, while the value of this index in standard Orlik (2n) - 9.8 mm, in standard Pamyati Lisitsyna (4n) - 10.6 mm. Flowers of new diploid hybrids of red clover contained 0.34-0.37 mg of nectar. This was insignificantly less (by 0.03-0.06 mg) than the diploid standard Orlik (0.40 mg). Flowers of tetraploid numbers of red clover accumulated 0.43-1.03 mg (average 0.62 mg) of nectar. This exceeded the diploid standard by 0.22 mg, tetraploid standard by 0.11 mg. Sugar content in nectar of diploid hybrids averaged 38.2%, in tetraploid hybrids - 33.8%. New tetraploid hybrids of red clover, which have a shortened corolla tube and released the largest amount of nectar with increased sugar concentration - Rolli x Red head, Yubilyatka x VIK 84 - are of interest for further breeding work.*

Keywords: red clover, breeding, hybrid, inflorescence, flower, flower corolla tube, bees, nectar, nectar productivity, nectar sugar content, sugar collection with nectar.

Введение

Успешное развитие отрасли животноводства и усиление биологизации земледелия требуют увеличения площадей посева многолетних трав. Они служат источником получения энергонасыщенных высокобелковых объёмистых кормов для удовлетворения потребности животных в питательных веществах. Корма, приготавливаемые из многолетних трав, характеризуются большим разнообразием и используются для кормления всех видов сельскохозяйственных животных. Многолетние травы также являются почвообразующим фактором в земледелии, средством сохранения и повышения плодородия почвы [1]. Важная роль в решении проблемы производства высокопитательных кормов и биологизации земледелия принадлежит клеверу луговому. Значимость его обусловлена высокими кормовыми достоинствами и относительно низкой энергоёмкостью выращивания [2].

Клевер луговой благодаря своим хозяйственным и биологическим особенностям имеет наиболее высокую долю посева среди других видов многолетних трав. Почвенно – климатические условия Орловской области благоприятны для возделывания клевера лугового как на кормовые, так и на семенные цели. Соотношения влаги, температуры, почвенных условий, режима перезимовки позволяют производить семена не только для собственного использования, но и для товарного семеноводства с целью продажи в другие регионы [3, 4].

Одним из путей повышения эффективности возделывания клевера лугового является создание и использование новых сортов. Внедрение их в производство позволяет получать на 20-30% больше продукции без вложения дополнительных материально-технических ресурсов [5, 6]. Сохранение и расширение посевов клевера лугового тесно связано с производством семян. Потенциальная продуктивность семян клевера лугового могла бы быть очень высокой, учитывая количество головок на единице площади (в среднем 800 шт./м²), цветков в головке (в среднем 100 шт.), массу 1000 семян (1,8-2,5 г). Однако на практике в производственных условиях урожайность семян не превышает 0,1-0,15 т/га [7].

Главной причиной невысокой семенной продуктивности клевера лугового является низкая обсеменённость соцветий, когда семена образуются только в некоторых цветках головки. Выявлена высокая положительная корреляционная связь семенной продуктивности клевера лугового с массой семян в головке ($r = 0,85$), количеством семян в головке ($r = 0,72-0,89$), обсеменённостью соцветий ($r = 0,70-0,80$) [8, 9, 10].

Обсеменённость головок клевера лугового тесно связана с их опылением. Установлено, что в структуре формирования урожая семян клевера лугового опыление занимает до 60-80%. Остальная часть (20-40%) приходится на агротехнику и естественные условия [7].

Клевер луговой является обязательным перекрёстноопыляемым растением, у которого пыльцу с цветка на цветок переносят насекомые. При этом цветок устроен так, что пыльники и рыльце пестика из цветка наружу не выходят и закрыты во время цветения лепестками, прижатыми друг к другу. Открыть цветок могут только сильные насекомые. Поэтому основными природными опылителями клевера лугового являются шмели. Но шмелей мало и их количество с каждым годом уменьшается из-за антропогенного фактора. Размножение шмелей искусственным способом применяется очень редко из-за трудоёмкости и отсутствия потребительского спроса на их мёд.

Опылять клевер луговой могут также медоносные пчёлы. В производственных условиях приходится рассчитывать только на них, так как они живут большими семьями, требующими значительное количество нектара, и хорошо поддаются хозяйственному разведению. Пчеле под силу сделать усилие для открывания цветка. Для этого ей необходимо нажать головкой и лапками на лодочку цветка, чтобы отогнуть её вниз и проникнуть хоботком в щель трубки венчика для добычи нектара. При этом насекомое касается пыльников, пыльца из которых высыпается, прилипая к телу насекомого, и удерживается между его волосками и на лапках. При перелёте с одного цветка на другой насекомые переносят пыльцу, совершая перекрёстное опыление. Для привлечения

насекомых цветки клевера лугового ярко окрашены и выделяют нектар, имеющий приятный аромат (А.С. Новосёлова, 1986).

Цель работы – определение продуктивности нектара и его доступности для медоносных пчёл у новых гибридов клевера лугового – длины трубки венчика цветка, нектаропродуктивности, содержания сахара в нектаре, потенциально возможного сбора сахара с единицы площади в условиях Центрально-Чернозёмного региона России на примере Орловской области.

Материал и методы исследования

Исследования выполнены на опытном поле экспериментальной базы ФНЦ ЗБК в 2021-2022 годах. Почва опытного участка места проведения опытов тёмно-серая лесная среднесуглинистого состава, слабокислая ($pH_{\text{сол.}} = 5,5$). Содержание гумуса составляет 5,1%, K_2O – 7,8 мг/100 г почвы, P_2O_5 – 18,6 мг/100 г почвы. Климатические условия места проведения исследований характерны для лесостепной зоны Центрально-Чернозёмного региона России. Климат Орловской области является умеренно континентальным, характеризуется тёплым летом и умеренно холодной зимой. Продолжительность безморозного периода - 120-140 дней. Средняя температура воздуха за вегетационный период составляет + 15,1°C, наиболее тёплым месяцем года является июль (+ 17°C). В год выпадает в среднем 500-600 мм осадков, наибольшее их количество приходится на июль и август.

Полевые наблюдения, учёты, оценка морфологических и хозяйственных признаков проведены в соответствии с общепринятыми методическими указаниями: Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами (1987); Методические указания по селекции многолетних трав (1985); Методические указания по селекции и семеноводству клевера (2002); Методические указания по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав (1986); Методические указания по оценке нектаропродуктивности важнейших медоносных культур (1984). Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена с использованием метода дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985).

В качестве исходного материала использованы диплоидные и тетраплоидные гибриды клевера лугового, полученные для изучения по линии Творческого объединения селекционеров (ТОС) «Клевер» [11]. Перевод исходного материала на тетраплоидную основу и гибридизация осуществлены в отделе селекции клевера ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агротехнологий им. В.Р. Вильямса» (М.Ю. Новосёлов).

Длину трубки венчика цветков гибридов клевера лугового измеряли с помощью штангенциркуля. Нектаропродуктивность цветков определяли микропипеточным методом. Содержание сахара в нектаре устанавливали с помощью рефрактометра. Повторность – четырёхкратная. В каждой головке анализировали 10 цветков. Для предотвращения высасывания нектара из цветков насекомыми использовали марлевые изоляторы, навешиваемые на головки в фазу бутонизации. Агротехника в опытах – общепринятая в зоне [12].

Результаты исследований

Особенности опыления клевера лугового тесно связаны со строением его цветка. Цветки являются обоеполыми, тесно сидящими в соцветии, которое называется головкой (рис. 1). Венчик цветка состоит из 5 лепестков: внизу находится лодочка, образованная двумя сросшимися лепестками, сбоку – вёсла (крылья), сверху – парус (флаг). Лепестки венчика цветка срастаются в трубку, в основании которой находится завязь. Длина трубки венчика цветка варьирует от 7 до 14 мм. В цветке расположены 10 тычинок и пестик. Из 10 тычинок 9 являются сросшимися, а одна свободная. Тычинки и пестик не выходят наружу, находятся внутри цветка и плотно закрыты лепестками (рис. 1, рис. 2) (П.И. Лисицын и др., 1946, 1951).

Для нормального оплодотворения необходимо перенести пыльцу на рыльце пестика с цветков других растений. При самоопылении совсем не завязывается семян или их бывает

очень мало (1-3%) [13]. Доступность нектара клевера лугового для медоносных пчёл в первую очередь определяется длиной трубки венчика цветка. Известно, что различные породы медоносных пчёл имеют хоботок различной длины. Наиболее крупные породы пчёл (карпатские, кавказские) имеют хоботок длиной 7-7,5 мм, среднерусские пчёлы, распространённые в Центральном регионе, – 7 мм, пчёлы северных регионов – 5,9-6,5 мм (А.Ф. Губин, 1947). Ранее считалось, что для пчёл доступен нектар, расположенный в трубке венчика цветка длиной менее 7 мм (А.Ф. Губин, 1947; П.И. Лисицын, 1951). Однако последующими исследованиями было установлено, что для взятия нектара достаточно, чтобы хоботок пчелы дотянулся до верхнего уровня нектара в трубке венчика цветка, а далее она его высасывает, используя капилляр, образованный в цветке столбиком и свободной тычиночной нитью, прилегающими к внутренней стенке венчика цветка [7]. В зоне достаточного увлажнения нектар обычно достигает до половины трубки венчика цветка, и, следовательно, почти всегда является доступным для пчёл.

В наших исследованиях было установлено, что новые гибриды клевера лугового, представленные в опыте, имели длину трубки венчика цветка в среднем по номерам от 9,6 до 11,3 мм (табл. 1). Среди тетраплоидных гибридов наиболее короткую трубку венчика цветка имели гибриды Polli x Red head (10,0 мм) и Юбилейка x ВИК 84 (10,1 мм), при длине трубки венчика цветка диплоидного стандарта сорта Орлик 9,8 мм и тетраплоидного стандарта сорта Памяти Лисицына 10,6 мм. Наиболее длинной трубкой венчика цветка была у тетраплоидных гибридов и составляла в среднем по этим номерам 10,7 мм, что на 0,9 мм больше, чем в среднем у диплоидных гибридов (9,8 мм).



Рис. 1. Соцветие клевера лугового – головка. Тетраплоидный сорт Памяти Лисицына (стандарт) (фото. автора)

Головки отдельных тетраплоидных гибридов были более крупными, чем у остальных селекционных образцов. Так, длина трубки венчика цветка тетраплоидных гибридов ВИК 84 x Selekt, МТ x Red head, Otofte x Тетраплоидный ВИК, Печорский улучшенный x ВИК 84 составила 11,1-11,3 мм. Это было на 0,5-0,9 мм больше, чем у тетраплоидного стандарта Памяти Лисицына и на 1,3-1,5 мм длиннее, чем у диплоидного стандарта Орлик. Остальные тетраплоидные гибриды имели длину трубки венчика цветка 10,0-10,9 мм, что превосходило диплоидные гибриды в среднем на 0,2-1,1 мм. Следовательно, до верхнего уровня нектара в цветке новых гибридов клевера лугового, достигающего примерно до середины трубки венчика цветка (4,9 – 5,7 мм), могут дотянуться все породы медоносных пчёл, в том числе

среднерусская, а тем более крупных пород (кавказская, карпатская). Доступными для сбора нектара медоносными пчёлами являются не только традиционные диплоидные селекционные номера, но и тетраплоидные гибриды, имеющие более крупную головку.

Для привлечения насекомых на опыление растения имеют значение три фактора: яркое окрашивание цветка, сахаристый нектар, выделяемый аромат. Цветки клевера лугового окрашены в различные оттенки пурпурного цвета, видны издалека и привлекают насекомых.

Главной причиной посещения насекомыми цветков является нектар - их основное питание. Нектар представляет собою сладковатую жидкость, выделяемую специальными железистыми клетками растения – нектарниками. У одних цветков (липа, гречиха, клён) нектарники совсем открыты и легко доступны для сбора нектара насекомыми, у других они лишь слегка прикрыты чешуйками или волосками (ива, плодовые деревья и др.) и также легко доступны для собирания нектара. В трубкообразных цветках, к которым относится и клевер луговой, нектарники скрыты в глубине венчика и поэтому менее доступны насекомым мелкого размера или с коротким хоботком.

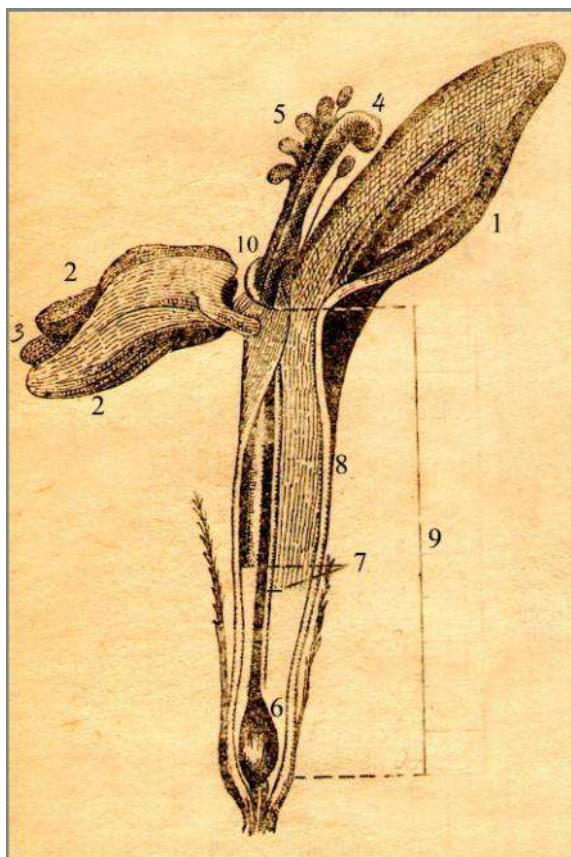


Рис. 2. Строение цветка клевера лугового (в разрезе): 1 – парус (флаг); 2 – весла (крылья); 3 – лодочка; 4 – рыльце (пестик); 5 – пыльники (тычинки); 6 – завязь; 7 – столбик; 8 – трубка венчика цветка; 9 – длина трубки венчика цветка от основания до замка, 10 – замок (П.И. Лисицын и др., 1946, с добавлением автора).

Выделение нектара обычно начинается вместе с распусканием цветка и заканчивается после его опыления. Нектар представляет собою водный раствор сахара с примесями некоторых других веществ. У одних видов растений нектар почти прозрачный, у других он имеет желтоватые, тёмно-жёлтые и коричневые оттенки. В нектаре содержатся различные органические и минеральные вещества, а также летучие ароматические и эфирные примеси, придающие растению специфический запах. Количество и качество выделяемого нектара зависит от вида растения, климата, почвы, погоды, агротехники, сорта.

**Длина трубки венчика цветка новых гибридов клевера лугового
(2021-2022 гг.)**

Наименование гибрида	Плоидность	Длина трубки венчика цветка, в среднем		
		мм	+, - к диплоид- ному стан- дарту, мм	+, - к те- траплоид- ному стан- дарту, мм
Памяти Лисицына (стандарт)	4n	10,6	+0,8	0
Perenta x Пятилисточковый	4n	10,3	+0,5	-0,3
Tarjio poli x Тетраплоидный ВИК	4n	10,4	+0,6	-0,2
Otofte x Тетраплоидный ВИК	4n	11,1	+1,3	+0,5
Тетраплоидный ВИК x Tarjio poli	4n	10,9	+1,1	+0,3
Teroba x Тетраплоидный ВИК	4n	10,7	+0,9	+0,1
Tarjio poli x Elbo	4n	10,5	+0,7	-0,1
Polli x Red head	4n	10,0	+0,2	-0,6
MT x Red head	4n	11,2	+1,4	+0,6
Нарока x ВИК 84	4n	10,9	+1,1	+0,5
Юбилейка x ВИК 84	4n	10,1	+0,3	-0,5
Печорский ул. x ВИК 84	4n	11,1	+1,3	+0,5
ВИК 84 x Нарока	4n	10,9	+1,1	+0,3
ВИК 84 x Seлект	4n	11,3	+1,5	+0,7
В среднем по тетраплоидам	4n	10,7	+0,9	+0,1
Орлик (стандарт)	2n	9,8	0	-0,8
Печорский ул. x Olvi otofte	2n	9,6	-0,2	-1,0
Duro x ВИК 7	2n	9,9	+0,1	-0,7
В среднем по диплоидам	2n	9,8	0	-0,8
НСР ₀₅		0,3		

Цветки клевера лугового обладают нектароносной тканью, которая расположена у основания завязи и выделяет много нектара. Однако цветки клевера лугового имеют длинный и узкий венчик цветка, в связи с чем многим насекомым очень трудно добраться до нектара и достать его. Доступ к нектару возможен только через продольную щель, в том месте цветочной трубки, где прилегает свободная десятая тычинка (замок). Насекомому необходимо отогнуть вниз лодочку, открыв замок, и погрузить хоботок внутрь цветка, достав до нектара (рис. 3).

Количество сахара в нектаре у разных растений колеблется от 5 до 70%. Наиболее интенсивно пчёлы собирают нектар при концентрации сахара в нём около 50%. При концентрации сахара в нектаре ниже 10% пчёлы его не собирают. Разные сорта перекрёстноопыляемых сельскохозяйственных культур отличаются различной нектарностью цветков. Например, более нектароносные сорта гречихи оказались более продуктивными по урожайности зерна. Отбор нектара насекомыми способствует большему его выделению. После оплодотворения оставшийся в цветке нектар всасывается обратно клетками и расходуется на рост завязи. Насекомые, собирая нектар, одновременно обеспечивают перекрёстное опыление цветков. Для этого нектарники располагаются в таком месте цветка, чтобы насекомое, добываясь до нектара, соприкасалось с пыльниками и обсыпалось пылью. Перелетая с одного цветка на другой, насекомое соприкасается с влажным и

липким рыльцем пестика, оставляя на нём пыльцу и совершая таким образом перекрёстное опыление (рис. 3).



Рис. 3. Медоносные пчёлы на опылении клевера лугового (фото автора)

Проведённые нами исследования показали, что количество выделяемого клевером луговым нектара составляет 0,34-1,03 мг на один цветок. Диплоидные гибриды и диплоидный стандарт сорт Орлик содержали в 1 цветке от 0,34 до 0,40 мг нектара, в среднем по диплоидам – 0,37 мг. Тетраплоидные гибриды и тетраплоидный стандарт сорт Памяти Лисицына были более нектароносными. На 1 цветок этой группы клевера лугового приходилось 0,49-1,03 мг нектара, в среднем по тетраплоидам – 0,62 мг. Количество нектара, образовавшееся в цветке тетраплоидных номеров, было в среднем больше на 0,25 мг или на 67,6%, чем в цветке диплоидных номеров. Наиболее высокой способностью к образованию нектара характеризовались тетраплоидные гибриды МТ x Red head, Тeрoбa x Тетраплоидный ВИК, ВИК 84 x Нарока (0,79-1,03 мг/цветок), прибавка к тетраплоидному стандарту Памяти Лисицына составила 0,28-0,52 мг/ цветок или 54,9-102,0% (табл. 2).

Для медоносных пчёл имеет значение не только количество образовавшегося нектара, но и его качество, определяемое содержанием сахара.

Выявлено, что концентрация сахара в нектаре диплоидных номеров была более высокой, чем у тетраплоидных номеров и составила в среднем 38,2%, в то время как у тетраплоидных номеров – 33,8%. Содержание сахара в нектаре тетраплоидных номеров уступало диплоидным номерам в среднем на 4,4 %, в том числе диплоидному стандарту – на 6,6% (табл. 2).

Сбор сахара с цветка тетраплоидных номеров составил 0,14-0,36 мг, у диплоидных номеров – 0,12-0,16 мг. Известно, что в головке клевера лугового в среднем содержится около 100 цветков. На одном квадратном метре семенного травостоя в среднем образуется около 800 головок. Подсчёт потенциально возможного сбора сахара с единицы площади показал, что тетраплоидные номера клевера лугового могут сформировать 112-288 кг/га, а диплоидные номера – 96-112 кг/га сахара, содержащегося в нектаре.

Большинство тетраплоидных гибридов клевера лугового превзошли диплоидные номера по потенциально возможному сбору сахара с единицы площади, в том числе диплоидный стандарт Орлик – на 8-160 кг/га или на 6,2-125,0%. Новые тетраплоидные гибриды клевера лугового по этому показателю превзошли тетраплоидный стандарт Памяти Лисицына в среднем на 24 кг/га или на 16,7%.

Наиболее продуктивными по потенциально возможному сбору сахара с гектара являлись тетраплоидные гибриды Тeрoбa x Тетраплоидный ВИК, МТ x Red head, ВИК 84 x Нарока – 208-288 кг/га при 144 кг/га у стандарта Памяти Лисицына и 128 кг/га у

диплоидного стандарта Орлик. Прибавка к стандартам составила 64-144 кг/га и 80-160 кг/га (44,4-100,0% и 62,5-125%) соответственно.

Таблица 2

Нектаропродуктивность, концентрация сахара в нектаре и потенциально возможный сбор сахара с единицы площади посева новых гибридов клевера лугового (2021-2022 гг., в среднем)

Наименование гибрида	Плоидность	Нектаро-продуктивность, мг/цветок	Концентрация сахара в нектаре, %	Сбор сахара, мг/цветок	Потенциально возможный сбор сахара с нектаром, кг/га*
Памяти Лисицына (стандарт)	4n	0,51	35,4	0,18	144
Perenta x Пятилисточковый	4n	0,48	34,7	0,17	136
Tarío poli x Тетраплоидный ВИК	4n	0,46	31,6	0,14	112
Otofte x Тетраплоидный ВИК	4n	0,61	35,0	0,21	168
Тетраплоидный ВИК Tarío poli	4n	0,43	37,1	0,16	128
Teroba Тетраплоидный ВИК	4n	0,89	40,0	0,36	288
Tarío poli x Elbo	4n	0,49	29,8	0,15	120
Polli x Red head	4n	0,66	34,2	0,23	184
MT x Red head	4n	1,03	29,2	0,30	240
Нарока x ВИК 84	4n	0,55	27,6	0,15	120
Юбилейка x ВИК 84	4n	0,70	32,5	0,23	184
Печорский ул. x ВИК 84	4n	0,45	37,3	0,17	136
ВИК 84 x Нарока	4n	0,79	33,6	0,26	208
ВИК 84 x Selekt	4n	0,55	37,2	0,20	160
<i>В среднем по тетраплоидам</i>	4n	<i>0,62</i>	<i>33,8</i>	<i>0,21</i>	<i>168</i>
Орлик (стандарт)	2n	0,40	40,4	0,16	128
Печорский ул. x Olvi otofte	2n	0,34	36,7	0,12	96
Duro x ВИК 7	2n	0,37	37,4	0,14	112
<i>В среднем по диплоидам</i>	2n	<i>0,37</i>	<i>38,2</i>	<i>0,14</i>	<i>112</i>
НСР05		0,03	1,6	0,01	

*При среднем количестве цветков в головке – 100 штук, количестве головок на 1м² – 800 штук.

Заключение

Длина трубки венчика цветка новых диплоидных гибридов составляла 9,6-9,9 мм и была на уровне диплоидного стандарта Орлик (9,8 мм). У новых тетраплоидных гибридов трубка венчика цветка была более длинной – 10,0-11,3 мм. Среди тетраплоидных гибридов наиболее короткую трубку венчика цветка имели гибриды Polli x head (10,0 мм) и Юбилейка x ВИК 84 (10,1 мм), при длине трубки венчика цветка тетраплоидного стандарта Памяти Лисицына 10,6 мм. Длинную трубку венчика цветка имели тетраплоидные гибриды ВИК 84 x Selekt, MT x Red head, Otofte x Тетраплоидный ВИК, Печорский ул. x ВИК 84 (11,1-11,3 мм). Это было на 0,5-0,9 мм и на 1,2-1,5 мм больше, чем у тетраплоидного стандарта Памяти Лисицына и диплоидного стандарта Орлик соответственно.

В цветке новых диплоидных гибридов клевера лугового образовалось 0,34-0,37 мг нектара (в среднем 0,37 мг). В цветках тетраплоидных гибридов накапливалось 0,43-1,03 мг нектара (в среднем 0,62 мг). Это превышало диплоидный стандарт на 0,22 мг, тетраплоидный стандарт на 0,11 мг. Содержание сахара в нектаре диплоидного клевера лугового составляло в среднем 38,2%. Концентрация сахара в нектаре тетраплоидных гибридов была ниже, чем у диплоидных, и составляла в среднем 33,8%.

Подсчёт потенциально возможного сбора сахара с единицы площади показал, что диплоидные гибриды клевера лугового способны сформировать 96-112 кг/га (стандарт

Орлик – 128 кг/га). Тетраплоидные гибриды в среднем по номерам имеют потенциальную возможность сформировать 168 кг/га сахара (стандарт Памяти Лисицына – 144 кг/га)

Для дальнейшей селекционной работы представляют интерес новые тетраплоидные гибриды клевера лугового, имеющие укороченную трубку венчика цветка – Polli x Red head и Юбилятка x ВИК 84, а также выделившие наибольшее количество нектара с повышенной концентрацией сахара – Teroba x Тетраплоидный ВИК, Polli x Red head, Юбилятка x ВИК 84, ВИК 84 x Нарока, ВИК 84 x Selekt, Otofte x Тетраплоидный ВИК.

Литература

1. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 3-8.
2. Новосёлов М.Ю. Клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) // В кн. Основные виды и сорта кормовых культур. – М.: Наука, – 2015. – С. 22-73.
3. Золотарев В.Н., Сапрыкин С.В. Травосеяние и семеноводство многолетних трав в структуре растениеводства как основа биологизации земледелия и развития кормопроизводства в региональном аспекте // Кормопроизводство. – 2020. – № 5. – С. 3-15.
4. Золотарев В.Н., Трухан О.В., Комахин П.И., Козлова Т.В. Исторический аспект, состояние и перспективы развития семеноводства кормовых трав в России // Кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 34-40.
5. Новосёлов М.Ю. Селекция клевера лугового (*Trifolium pratense* L.). – М., 1999. – 183 с.
6. Полюдина Р.И. Клевер в Сибири: монография. – Новосибирск: СФНЦА РАН, – 2017. – 348 с.
7. Антонов В.И., Ларетин Н.А., Волкова Т.И. Эффективность опыления пчёлами клевера лугового // Кормопроизводство. – 2016. – № 4. – С. 34-38.
8. Шихова И.В., Попова Е.В., Арзамасова Е.Г. Оценка семенной продуктивности сложногогибридных популяций клевера лугового // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22 (1). – С. 17-56.
9. Золотарёв В.А. Сопряжённость семенной продуктивности клевера лугового с полеганием травостоя // Адаптивное кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 13-25.
10. Zarianova Z.A., Bekuzarova S.A. The phenotypic features of red clover (*Trifolium pratense* L.) that correlate with seed productivity // Journal of Agriculture and Environment. – 2020. – № 3 (15). – S. 13-18.
11. Новосёлов М.Ю., Дробышева Л.В., Зятчина Г.П., Старшинова О.А. ТОС «Клевер»: что дало творческое объединение селекционеров? // Селекция, семеноводство, генетика. – 2017. – № 1 (13). – С. 42-45.
12. Зотиков В.И., Задорин А.М., Зарьянова З.А., Бударина Г.А., Глазова З.И., Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Орловской области. – Орёл: ФГБНУ ФНЦ ЗБК, – 2019. – 80 с.
13. Новосёлов М.Ю., Старшинова О.А., Дробышева Л.В., Зятчина Г.П. Выявление и оценка генетических источников самосовместимости у клевера лугового для создания сортов с высокой и стабильной семенной продуктивностью // Кормопроизводство. – 2017. – № 4. – С. 21-24.

References

1. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Current status and challenges for the forage production industry in Russia // *Kormoproizvodstvo*. - 2022. - № 10. - Pp. 3-8.
2. Novoselov M.Yu. Red clover (*Trifolium pratense* L.) // In the book: *Osnovnye vidy i sorta kormovykh kul'tur*. - Moscow, Nauka, 2015. - Pp. 22-73.
3. Zolotarev V.N., Saprykin S.V. Grass planting and seed production of perennial grasses in the structure of crop production as a basis for biologisation of farming and development of forage production in the regional aspect // *Kormoproizvodstvo*. - 2020. - № 5. - Pp. 3-15.
4. Zolotarev V.N., Trukhan O.V., Komakhin P.I., Kozlova T.V. Historical aspect, status and prospects of forage grass seed production in Russia // *Kormoproizvodstvo*. - 2022. - № 2. - Pp. 34-40.
5. Novoselov M.Yu. Breeding of red clover (*Trifolium pratense* L.). - Moscow, 1999. - 183 p.
6. Polyudina R.I. Clover in Siberia: a monograph. - Novosibirsk: SFNTsA RAN, 2017. - 348 p.
7. Antonov V.I., Laretin N.A., Volkova T.I. Efficiency of pollination of red clover by bees // *Kormoproizvodstvo*. - 2016. - № 4. - Pp. 34-38.
8. Shikhova I.V., Popova E.V., Arzamasova E.G. Evaluation of seed productivity of complex-hybrid populations of red clover // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. - 2021. - № 22 (1). - Pp. 17-56.
9. Zolotarev V.A. Correlation of seed productivity of red clover with lodging of the grass stand // *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*. - 2022. - № 2. - Pp. 13-25.
10. Zarianova Z.A., Bekuzarova S.A. The phenotypic features of red clover (*Trifolium pratense* L.) that correlate with seed productivity // *Journal of Agriculture and Environment*. - 2020. - № 3 (15). - S. 13-18.
11. Novoselov M.Yu., Drobysheva L.V., Zyatchina G.P., Starshinova O.A. TOC "Clover": what did the creative association of breeders give? // *Selektsiya, semenovodstvo, genetika*. - № 1 (13). - Pp. 42-45.
12. Zotikov V.I., Zadorin A.M., Zaryanova Z.A. et al. Recommendations for spring field work in the Orel region. - Orel: FGBNU FNTs ZBK, 2019. - 80 p.
13. Novoselov M.Yu., Starshinova O.A., Drobysheva L.V., Zyatchina G.P. Identification and evaluation of genetic sources of self-compatibility in red clover for the development of varieties with high and stable seed production // *Kormoproizvodstvo*. - 2017. - № 4. - Pp. 21-24.

ПРОВЕРКА АЛГОРИТМА ДИСТАНЦИОННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО СПУТНИКОВЫМ ЦИФРОВЫМ ДАНЫМ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI

С.Д. ВИЛЮНОВ, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-7373-5951
М.М. ЧЕРНЫШОВ, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0002-7520-2486
С.В. ПОТАРАКИН, кандидат сельскохозяйственных наук
М.А. МАРТЫНОВ, научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0005-6539-7349
Л.И. ГЛАЗКОВА, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0000-1241-3302
Е.В. МИТЮХИНА, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0006-9658-9340

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

В статье показаны результаты изучения функционирования элементов алгоритма по обработке цифровых данных оптических индексов получаемых методом дистанционного зондирования (спутники, БПЛА) посевов. Проведено изучение динамики и сопоставление спутниковых данных вегетационного индекса NDVI за три контрастных по погодным условиям, года (2021...2023 гг.) на семеноводческих полях размножения культур селекции ФНЦ ЗБК. Предложен простой метод первичной подготовки спутниковых данных для дальнейшего кластерного анализа с целью группировки обрабатываемого цифрового потока по типу культуры. Предложен способ выявления крайних дат для целевой обработки данных для отсека лишнего массива. На фоне полной идентификации посевов озимой мягкой пшеницы и сои выявлено присутствие 10% ошибок группировки в яровых культурах. Проанализирован момент совмещения цифровых данных, полученных из разных источников, с целью тестирования обработки данных одновременно с цифровым эталоном культуры (сорта).

Ключевые слова: вегетационные индексы, семеноводство, кластерный анализ, алгоритм распознавания культур в посевах, экстраполяция.

Для цитирования: Вилюнов С.Д., Чернышов М.М., Потаракин С.В., Мартынов М.А., Глазкова Л.И., Митюхина Е.В. Проверка алгоритма дистанционной идентификации сельскохозяйственных культур по спутниковым цифровым данным вегетационного индекса NDVI. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):140-150. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-140-150

VALIDATION OF THE ALGORITHM FOR REMOTE CROP IDENTIFICATION USING SATELLITE DIGITAL DATA OF VEGETATION INDEX NDVI

**S.D. Vilyunov, M.M. Chernyshov, S.V. Potarakin, M.A. Martynov, L.I. Glazkova,
E.V. Mityukhina**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, OREL

Abstract: *The article shows the results of studying the functioning of the elements of the algorithm for processing digital data of optical indices obtained by remote sensing (satellites, UAVs) of crops. The dynamics and comparison of satellite data of vegetation index NDVI for the three, contrasting weather conditions, years (2021...2023) in seed propagating fields of FSC LGC breeding crops were studied and compared. A simple method for initial preparation of satellite data for further cluster analysis to group the processed digital stream by crop type is presented. The*

method of identification of extreme dates for targeted data processing to cut off the excessive array is proposed. On the background of complete identification of winter soft wheat and soybean crops, the presence of 10% grouping errors in spring crops was revealed. The moment of combining digital data obtained from different sources was analyzed in order to test data processing simultaneously with a digital crop (variety) reference.

Keywords: vegetation indices, seed production, cluster analysis, algorithm for recognizing crops in plantings, extrapolation

Введение

Ключевым моментом семеноводства и реализации сортосмены (сортообновления) является полевое обследование посевов с целью определения сортовой чистоты или типичности растений, засоренности, пораженности болезнями и поврежденности вредителями (апробация). В настоящее время таким контролем занимаются узкоспециализированные специалисты, и без проведения апробации или регистрации посевов (посадок) сельхозкультур, полученные с этих площадей семена признаются несортowymi - несортowymi семена высевать запрещено (Федеральный закон Российской Федерации от 17 декабря 1997 года № 149-ФЗ «О семеноводстве» прекратил своё действие 1 сентября 2023 года и вступил в силу новый Федеральный закон от 30.12.2021 № 454-ФЗ «О семеноводстве»). Но прежде чем оформлять посев как семеноводческий, и соответственно нести экономические затраты - отвечающий за посевы специалист должен самостоятельно убедиться, что посевы именно того сорта и имеют надлежащее состояние.

Семеноводческие посевы зачастую расположены удаленно, подготавливаются и высеваются техническим персоналом, а при непредсказуемом погодном факторе и возможных технологических сбоях - могут возникать организационные ошибки, пересортица и т.п. Соответственно, специалисту семеноводу необходим дистанционный инструмент, выявляющий явные недостатки и несоответствия на посевах, еще до вызова апробаторов. В настоящее время для дистанционного зондирования посевов существует множество спутниковых сервисов удаленного контроля вегетирующих сельскохозяйственных культур. Такие программные комплексы дают различные фотометрические и цифровые характеристики интересующих площадей в виде различных вегетационных индексов. Также существует множество алгоритмов обработки этих данных с целью решения задачи классификации сельскохозяйственных культур [1, 2, 3], но в большинстве случаев – это направлено на необходимость сбора статистических данных и на решение административных задач контроля и управления, и не как не используется в предварительной апробации.

Индексы отражения усиливают контраст между почвой и растительностью, но сводят к минимуму влияние условий освещения. Среди таких индексов – самый известный нормализованный разностный вегетационный индекс (обычно называемый вегетативным индексом) $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ (normalized difference vegetation index), где NIR – яркость или коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра (0,7-1,0 мкм); RED – в красной области спектра (0,6-0,7 мкм). Он наиболее популярен и часто используются и впервые описан В.Ж.Рouse в 1973 году [4]. Индекс предполагает соотношение максимального поглощения солнечной радиации растениями, лежащего в красной области, и максимального отражения клеточных структур листа в инфракрасной области, является простым количественным показателем объема фотосинтетически активной биомассы. Для растительности NDVI принимает положительные значения, и чем больше вегетирующая фитомасса, тем он выше и характеризует плотность растительности, что позволяет оценить всхожесть, рост, развитие и т.п. Индекс малочувствителен к атмосферным и почвенным фонам, кроме случаев со слабой растительностью [5, 6]. Для прогнозирования влияния действующих условий на состояние растений целесообразно использовать метод сравнений текущих значений со средне многолетними. При этом для исключения особенностей конкретного вегетационного периода (опережение либо отставание в развитии) усредненные временные ряды NDVI должны быть подвергнуты выравниванию. Такой подход позволит с

меньшей ошибкой анализировать информацию об отклонениях текущих значений от среднесезонных на сопоставимых стадиях развития [2].

Цель исследования – проверить функциональность алгоритма предварительной обработки цифровых спутниковых данных вегетационного индекса NDVI, поступивших за вегетационный период с семеноводческих полей, с целью выявления сортовой спецификации различных сельскохозяйственных культур.

Методика исследований

Исследования проводились на базе ФНЦ зернобобовых и крупяных культур (53.01°с.ш. 36.97°в.д.). Этот центр находится в центральной части Орловской области, примерно в 8 километрах к северо-западу от города Орла. Регион имеет переходный климат от лесной зоны к степной. Климат характеризуется равномерным годовым распределением температур, влажности и осадков. Самый дождливый период (43% годовых осадков) приходится на июнь, июль и август. Дожди в основном ливневые. Самые засушливые месяцы – это май и первая половина июня, когда относительная влажность воздуха падает с 64-66% в апреле до 46-49% в мае. Летом относительная влажность держится на уровне около 50%. В весенние месяцы относительная влажность может падать до 30%, особенно в жаркие дни при ветрах, приносящих засуху. Продолжительность сельскохозяйственного сезона с температурами выше 10°C составляет 139-137 дней. Сумма среднесуточных температур выше 10°C составляет от 2200-2500°C, что намного превышает потребность культур в эффективных температурах. За этот период выпадает, в среднем, от 290 до 310 мм осадков. Годы исследования характеризовались контрастными (различными) метеоусловиями. Погодные условия вегетационного периода 2021 г. были засушливыми (ГТК=0,83), повышенные температуры в июне-июле существенно повлияли на формирование урожая отдельных сортобразцов. Метеоусловия вегетационного периода летом 2022 г. были благоприятными для развития сои и слабо засушливыми (ГТК=1,01), однако осенний период отличался низкими температурами, вследствие чего созревание большинства сортов сои, представленных в опыте, замедлилось, а посевные качества полученных семян снизились. Погодные условия вегетационного периода 2023 г. были засушливыми (ГТК=0,74, в сентябре выпало 0 мм осадков, отмечались лишь следы), но обильные осадки в предшествующий осенне-зимний период способствовали накоплению максимального запаса влаги в почве (табл. 1). Погодные данные получены из открытого источника, – с сайта "Расписание Погоды" (<https://rp5.ru/>), метеостанция 27906 Орёл (аэропорт) расположенная в 10 км от полей ФНЦ ЗБК.

Таблица 1

Среднемесячные температура воздуха и осадки по месяцам (число дней с осадками) за вегетационные периоды 2021...23 гг.

Год	Показатель	Значения показателей по месяцам						
		Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Апр. - Сент.
2021	Температура, °С	6,9	13,9	19,8	22,3	20,5	10,4	15,6
	Осадки, мм (кол.дн.)	46(17)	74(20)	41(14)	51(9)	51(14)	131(16)	394 / 657*
2022	Температура, °С	6,4	11,5	19,0	19,1	21,8	9,9	14,6
	Осадки, мм (кол.дн.)	174(24)	52(16)	52(12)	64(15)	34(13)	111(21)	487 / 874*
2023	Температура, °С	10,3	12,9	17,1	19,2	20,3	15,3	15,9
	Осадки, мм (кол.дн.)	27(10)	17(8)	56(11)	77(18)	45(13)	0(3***)	222 / 460**

Примечание: *) сумма выпавших осадков январь–декабрь. **) Сумма выпавших осадков за январь–октябрь. ***) следы осадков

Исследование проводилось с использованием сервисов дистанционного зондирования (Полевод, OneSoil, Sentinel hub EO Browser). Спутниковые данные получены со спутника Sentinel-2 и имеют разрешение 10 м/пикс. Мониторинг данных осуществлялся с минимальным периодом 3-5 дня при благоприятных метеоусловиях (отсутствие сильной

облачности). Фиксация данных проводилась с конца марта до начала ноября на селекционно-семеноводческих посевах (39 полей, площадь участков от 0,5 до 60 га) различных культур общей площадью 432 га (рис. 1).

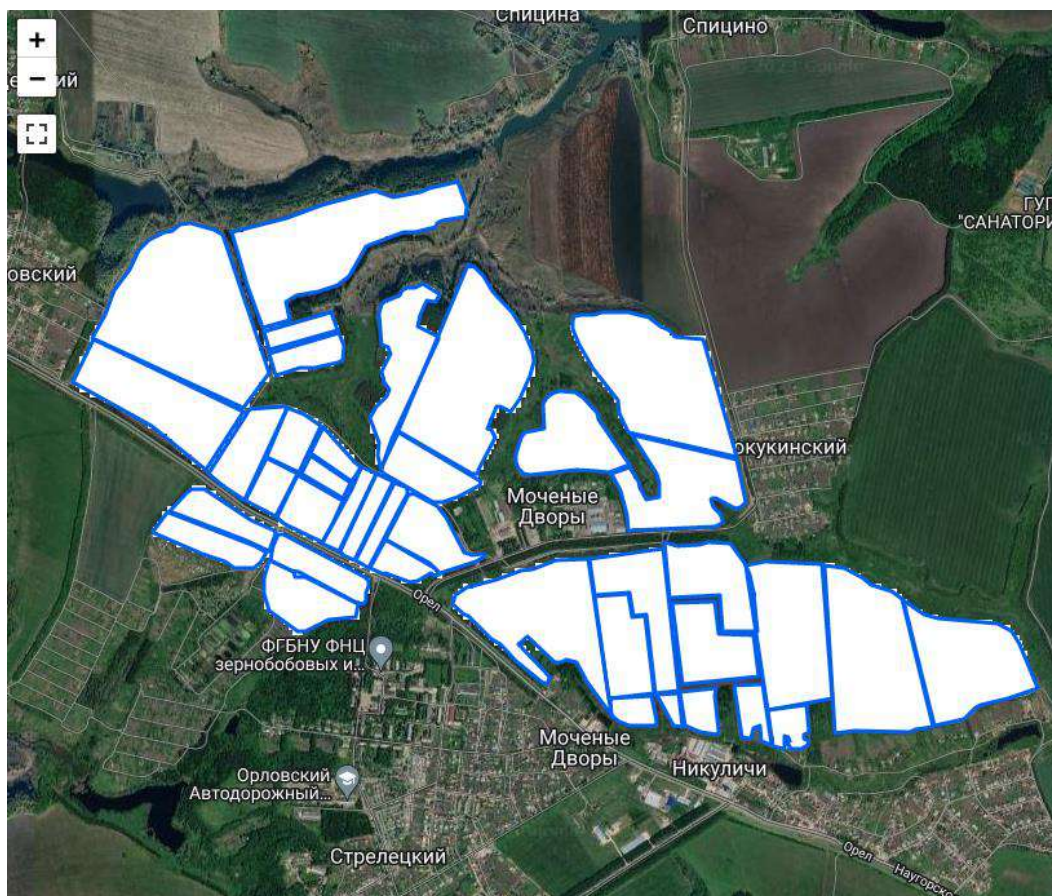


Рис. 1. Пространственное расположение исследуемых полей на территории ФНЦ ЗБК в 2021-2023 гг.

В разные годы на изучаемых полях чередовались семеноводческие посевы сортов следующих культур:

- Озимая мягкая пшеница (Скипетр, Синева, Скипетр 2);
- Яровая мягкая пшеница (Дарья, Гранова)
- Ячмень (Атаман)
- Соя (Осмонь, Ланцетная, Орлея, Мезенка)
- Горох (Эстафета, Родник, Ягуар)
- Гречиха (Даша, Темп)

В обработку также были включены данные по пропашной культуре (картофель) и культуре цикла С4-фотосинтеза (просо). Эталонным цифровым образцом служили данные по вегетационному индексу NDVI за 2022 год, полученных с БПЛА при разрешении ортофотоплана 1,5 см/пикс. Данные с БПЛА, в рамках научного сотрудничества, предоставлены сотрудниками ФГБНУ Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Ими использовался квадрокоптер DJI Matrice 200 v2 с установленной ГНСС L1/L2 антенной, оснащенный модифицированной камерой DJI X4S 20Mp (5472 x 3648) с трехосевым стабилизатором. Полеты осуществлялись с помощью мобильного приложения DJI Pilot. При помощи специального подвеса устанавливалась мультиспектральная камера MicaSense Altum с сенсором освещенности, имеющий встроенный GPS приемник. Использовался мультичастотный GNSS приемник EMLID Reach RS2. Подключение

происходило к базовой станции «OREL» в Орловской области, расположенной на расстоянии менее 20 км [6].

Предварительная обработка данных проведена методом выявления резких отклонений значений с последующей прямой экстраполяцией по соседним значениям в MS Excel. Кластеризация данных осуществлена собственными программными средствами, с определением меры расстояния как «Евклидово расстояние», и по правилу объединения или связи – «Невзвешенный центроидный метод (UPGMC)».

Результаты и обсуждение

Для программного выявления сортовых особенностей на посевах различных сельскохозяйственных культур, на первом этапе необходимо разделять культуры друг от друга. Предполагается, что дальнейшая обработка в выявленной группе соответствующей культуры позволит выявить сортовую специфику и отклонения посева от нормы. В настоящее время принято считать, что это возможно только после накопления объемных данных для обучения искусственного интеллекта. Нами был проведен спутниковый мониторинг по вегетационному индексу NDVI на полях семеноводческих посевов (рис 1) и был получен массив данных (рис. 2) за три года.

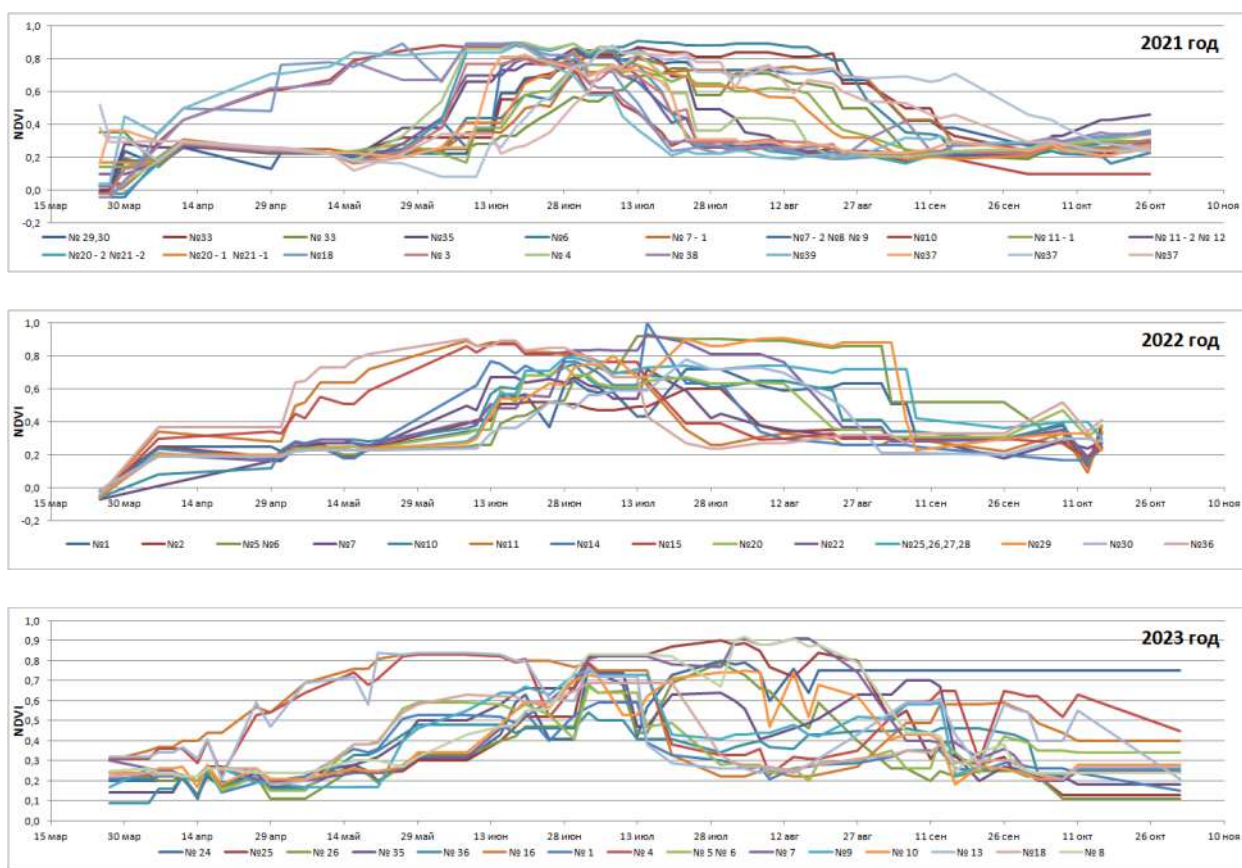


Рис. 2. Визуализация полученных спутниковых данных по вегетационному индексу NDVI на посевах различных культур, 2021...2023 гг.

Можно отметить, что не обработанные первичные данные трудны к восприятию. Также визуально по рисунку 2 отмечается существенное влияние облачности на спутниковые данные. Отклонения параметров проявляются в виде резких перепадов характеристик по временному ряду, соседние данные разнятся скачкообразно вниз, но в целом общая тенденция в динамике просматривается. Соответственно, подтверждается необходимость в предварительной обработке (сглаживание скачков) данных. Для сглаживания резких отклонений в соседних данных – нами предпринято усреднение резких выбросов пограничными показателями (рис. 3). Читаемость графиков улучшилась и визуальный анализ

рисунка 2 и 3 показывает, что на характеристики поступивших данных оказывает влияние, не только произрастающие на полях культуры, но и отмечаются тенденции группировки временного ряда на периоды (озимые-яровые и др.).

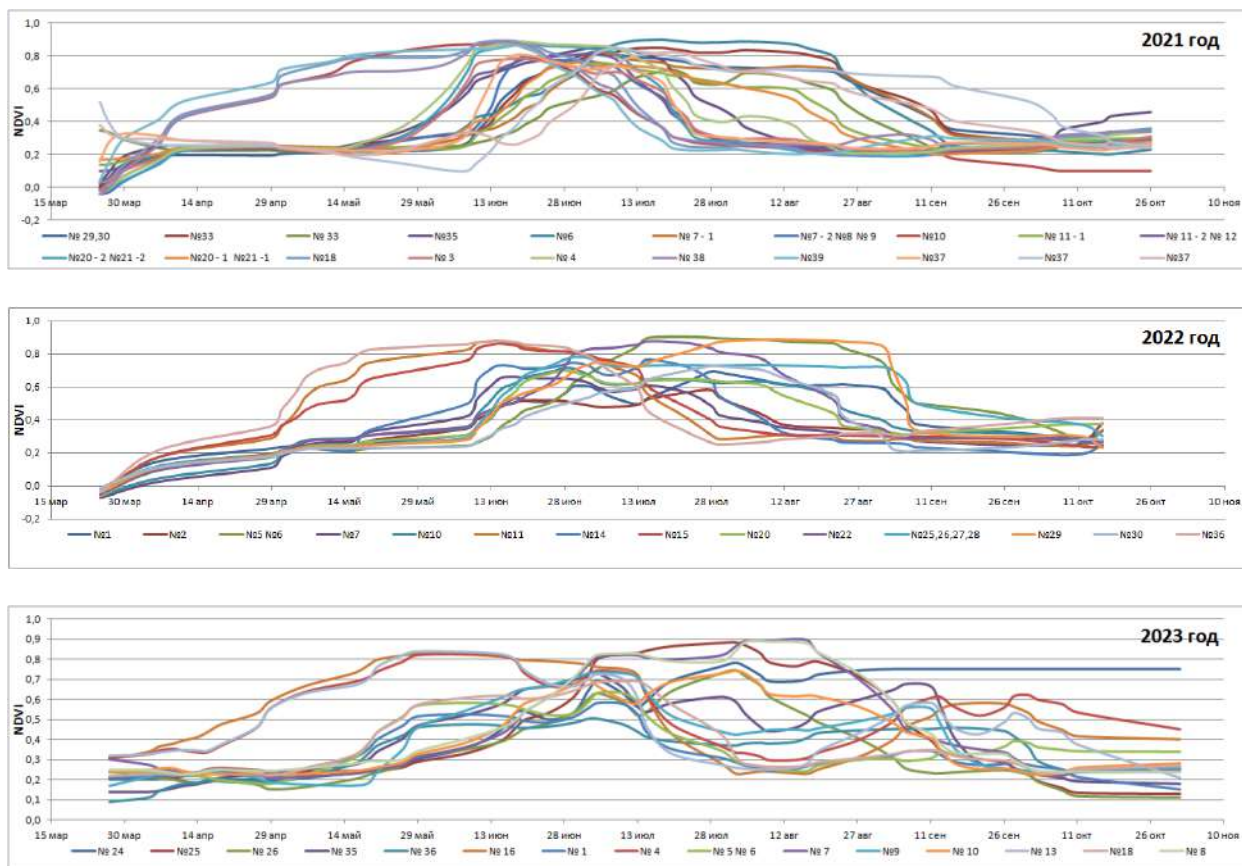


Рис. 3. Визуализация скорректированных спутниковых данных по вегетационному индексу NDVI на посевах различных культур, 2021...2023 гг.

Для выявления такой группировки по временному ряду были проведены кластерные анализы годовых (2021, 2022, 2023 гг.) спутниковых данных по вегетационному индексу NDVI. По результатам кластеризации (рис. 4 – пример группировки за 2021 год) можно выделить, что даты группируются последовательно, и временной ряд делится по сезонным кластерам. Отмечается группировка крайних дат, когда культуры или убраны (осень) или еще не было всходов (весна). Такую закономерность можно применить для идентификации групп озимых от яровых, не только программно анализируя временной период, но и визуалью (рис. 3). В отличие от визуального анализа, кластеризация высветила, что каждый крупный кластер еще минимум делится на две группы: 1) с 30.03 по 16.05 + 26.10.; 2) с 26.05 по 08.07.; 3) с 10.07 по 04.08.; 4) с 09.08 по 18.10. Такая же тенденция прослеживается и по другим годам, где пограничным датам соответствуют: 06.04/29.04.2022, 19.05./08.06.2022, 22.08/24.08.2022, 06.05./16.05.2023, 27.08./03.09.2023 г.

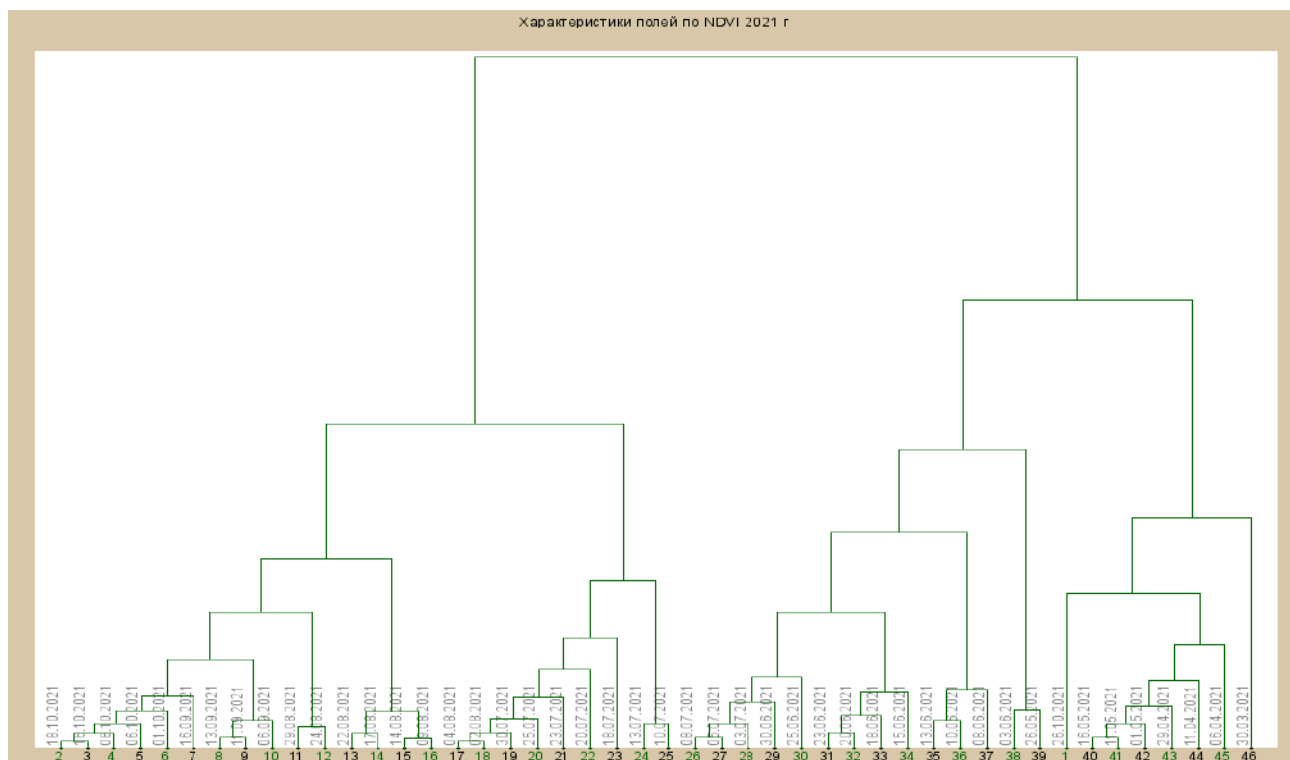


Рис. 4. Дендрограмма временного ряда за 2021 год спутниковых данных по вегетационному индексу NDVI посевов различных культур

Таким образом, начальной датой включения в обработку данных можно считать среднее время возобновления весенней вегетации озимых культур в регионе. Для Орловской области это 12 апреля [7]. Конечной датой можно считать завершение вегетации поздних культур (середина сентября). Промежуточные пограничные даты для отдельных групп культур требуют уточнения по году, но для выявления озимых культур достаточно средней пограничной даты. Возможно, при другом наборе культур, будет другая картина. Соответственно, подход к выявлению внутренних пограничных дат ограничивающий выборку анализируемых данных, требует дальнейшей проверки.

В нашем случае, отбрасывая крайние, выделившиеся в группы (даты временного ряда осень - весна), – проводим кластеризацию показаний вегетационного индекса NDVI за три года по исследуемым полям (рисунки 5, 6, 7). Визуальный анализ дендрограмм динамики вегетационного индекса NDVI на полях различных культур показывает: ошибка группировки полностью отсутствует на озимой пшенице; хорошо группируется соя и гречиха (ошибка 10%); есть проблемы идентификации по другим яровым культурам.

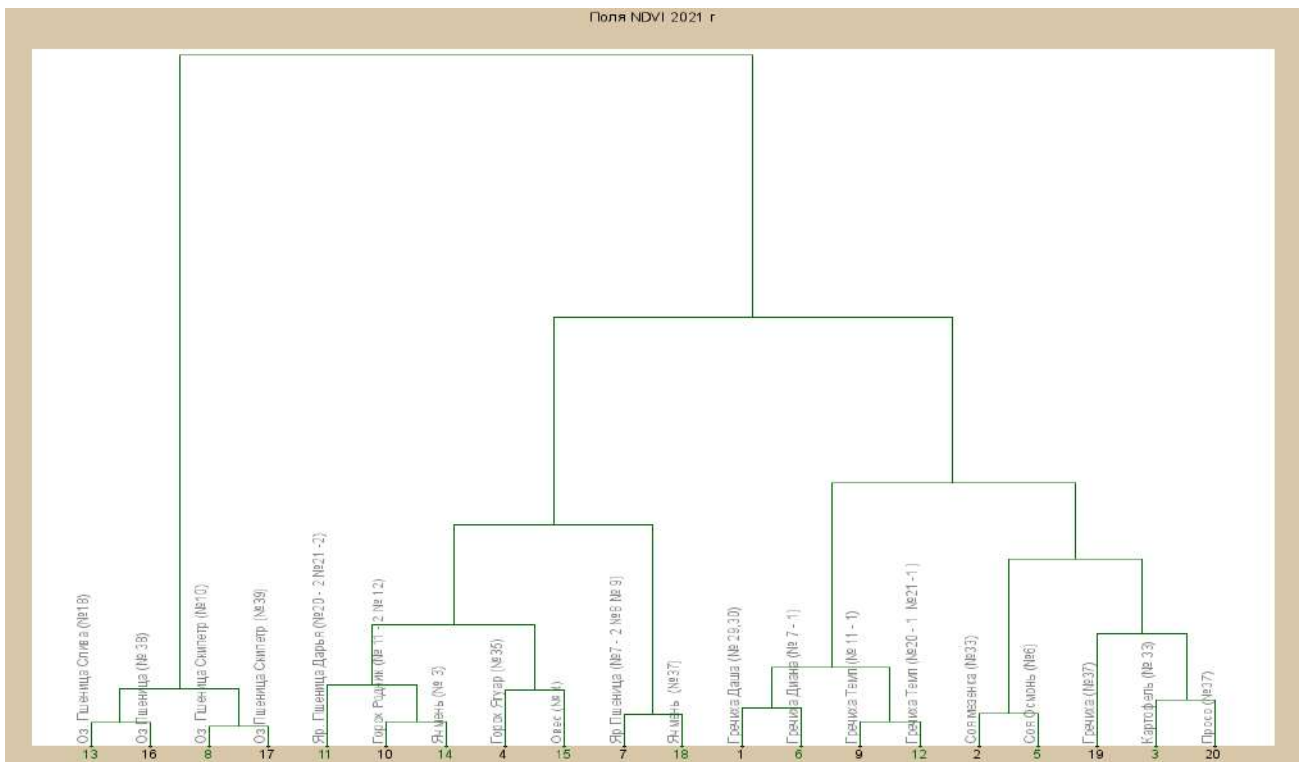


Рис. 5. Дендрограмма посевов различных культур за период 26.05. - 04.08.2021 года по спутниковым данным вегетационного индекса NDVI

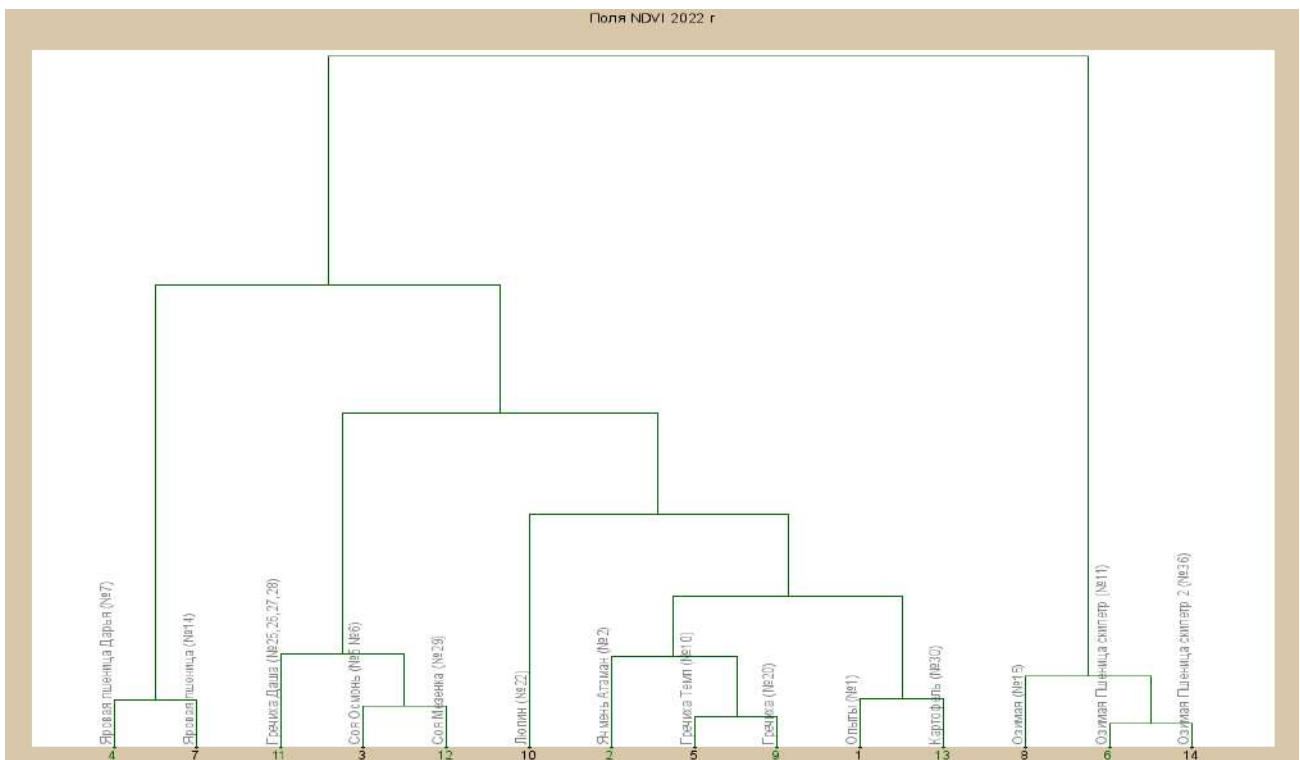


Рис. 6. Дендрограмма посевов различных культур за период 19.05. - 24.08.2022 года по спутниковым данным вегетационного индекса NDVI

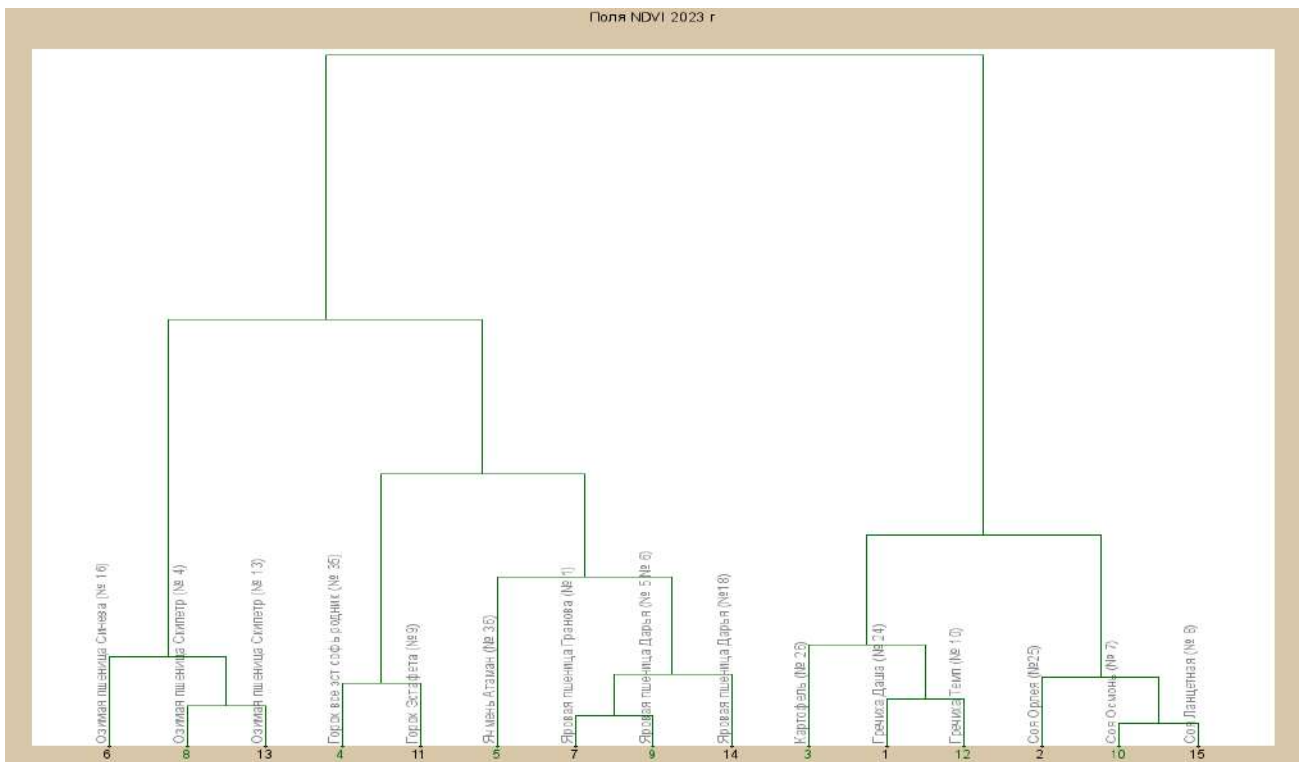


Рис. 7. Дендрограмма посевов различных культур за период 16.05. - 27.08.2023 года по спутниковым данным вегетационного индекса NDVI

Годы исследования (2021...2023 гг.) были очень контрастные по погодно-климатическим условиям, – поэтому для проверки работы алгоритма и выявления специфики развития культуры, на характеристиках индексов отражения нами проведена экстраполяция фактических значений индекса NDVI за разные годы на соответствующие общие даты. Оптимальным временным рядом по пограничным датам (рис. 4) был выбран период от начала возобновления вегетации озимых культур до начала созревания позднеспелых культур (с 15 апреля до 9 сентября), с шагом 1 неделя. Для примера на рисунке 8 приведены совмещенные экстраполированные характеристики NDVI озимой мягкой пшеницы сортов Скипетр и Синева, а также сои сорта Осмонь за три года. Также на рисунке 8 добавлены, как цифровой эталон, показания индекса полученного на этих сортах с конкурсного испытания (малые делянки 4...7 кв.м) с БПЛА. Кластеризация всего массива экстраполированных данных представлена на рисунке 9.

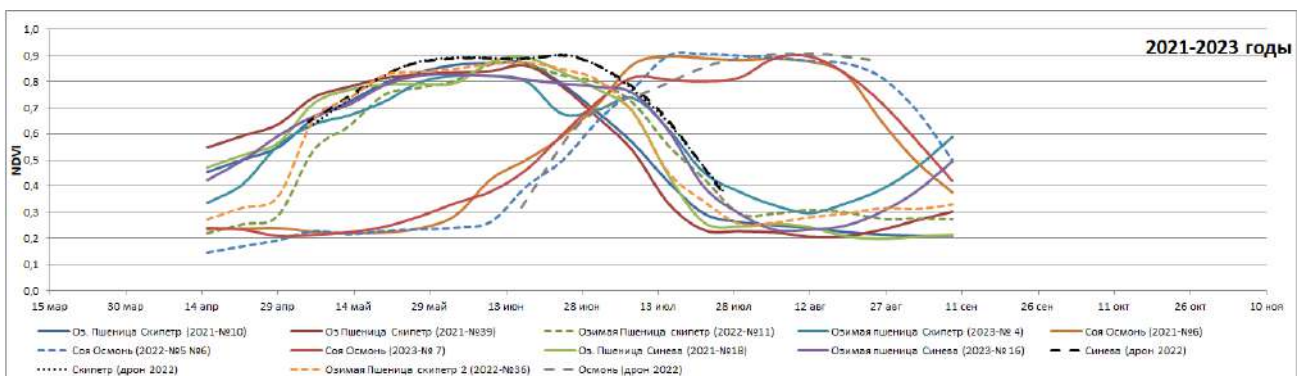


Рис. 8. Визуализация экстраполированных на общую дату, спутниковых данных по вегетационному индексу NDVI на полях размножения озимой мягкой пшеницы сорта Скипетр, Синева и сои Осмонь, ФГБНУ ФНЦ ЗБК

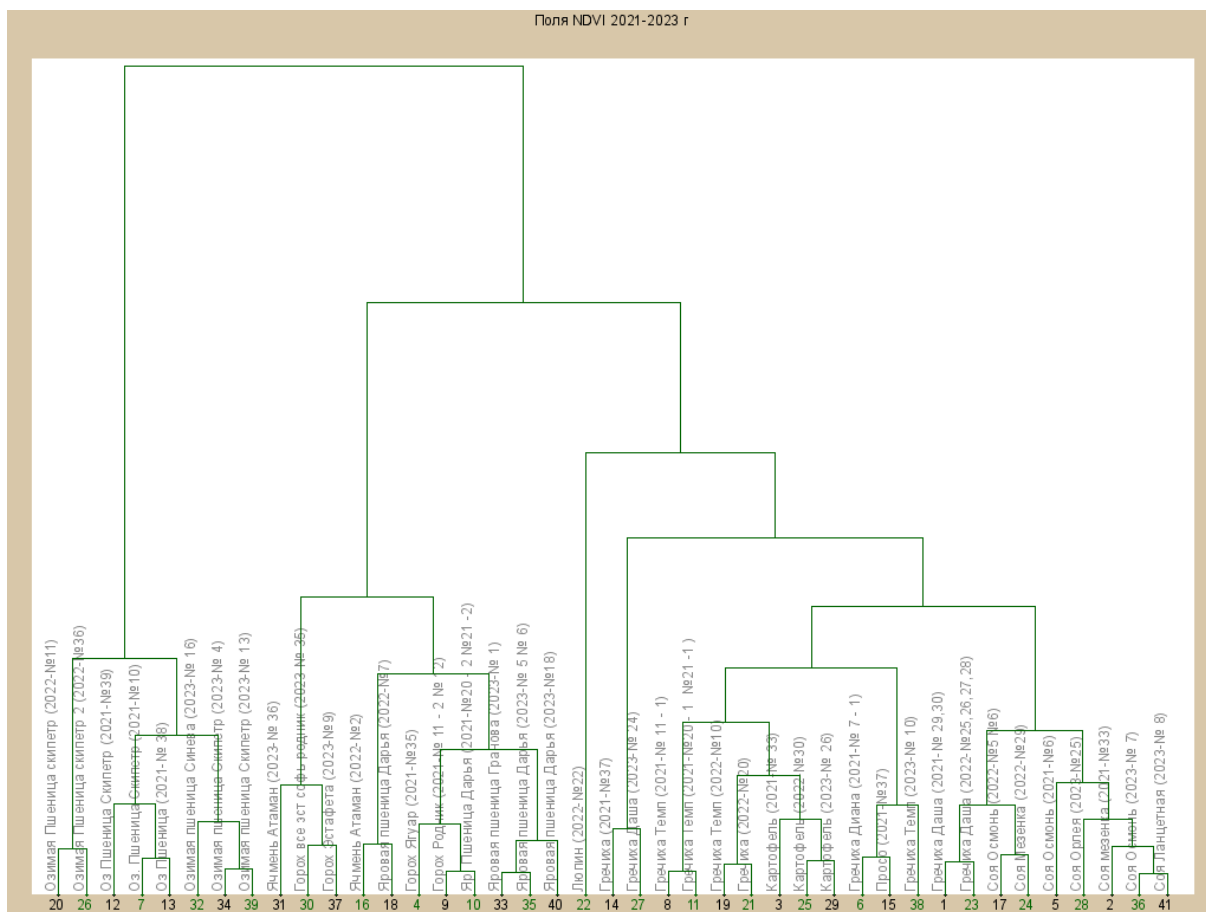


Рис. 9. Дендрограмма экстраполированных на общую дату, спутниковых данных по вегетационному индексу NDVI на посевах различных культур по спутниковым данным, 2021...2022 гг.

Визуальный анализ рисунка 8 и 9 полностью подтверждает соответствие межгодовой динамики по данным вегетационного индекса NDVI различных культур, полученных со спутника (10 м/пикс). Экстраполированные спутниковые данные с больших посевов (0,5...60 га), полностью соответствуют независимым данным с малых площадей (4...7 кв.м.) полученных на высоком разрешении (1,5 см/пикс) с помощью БПЛА. Таким образом – возможно применение цифрового эталона культуры, взятого с малой площади в селекционном посеве для идентификации принадлежности кластера. В тоже время, можно отметить, что применение в анализе только NDVI не позволяет вычленить сортовые специфики, т.е. адекватно определить возделываемый сорт. Хотя это выделяется высоким разрешением на малых площадях различными вегетационными индексами [5]. Также можно выделить, что анализ экстраполированных данных лучше группирует типы культур, чем анализ по данным прошедшим обычное усреднения (рис. 5, 6, 7).

Выводы:

1. Предварительное выравнивание и аппроксимация спутниковых данных ортофотоплана вегетационного индекса NDVI, низкого разрешения (10 м/пикс) – дает адекватные характеристики вегетационной динамики культуры, аналогично полученным с БПЛА (70 метров) высокого разрешения (1,5 см/пикс). Это позволяет провести уверенную (ошибка от 0...10%) кластеризацию посевов по культурам и включать в обработку цифровой эталон этих культур для идентификации.

2. Для сортовой дифференциации внутри группы одной культуры – одного показателя NDVI недостаточно. Требуется изучение других показателей и оптимизация подготовки первичных данных.

Работа выполнена по теме государственного задания № FGZZ-2022-0011 «Мониторинг селекционно-семеноводческих посевов с использованием цифровых технологий с целью повышения продуктивности новых сортов»

Литература

1. Денисов П. В., Трошко К. А., Лупян Е. А., Толпин В. А. Возможности и опыт использования информационной системы Вега-PRO для мониторинга сельскохозяйственных земель // Вычисл. технологии. – 2022. – Т. 27. – № 3. – С. 66-83. DOI: 10.25743/ICT.2022.27.3.006.
2. Родимцев С.А., Павловская Н.Е., Вершинин С.В., Зелюкин В.И., Горькова И.В. Моделирование условий вегетации с использованием отклонений текущих значений NDVI от среднееголетних показателей. // Сельскохозяйственная биология. – 2022; – 3(57). – С. 591-603. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.591rus.
3. Бочкарева Е.А., Христодуло Е.А., Биглова А.Д., Грехова Ю.С. Интерполирование временных рядов NDVI сезонного развития растительности сельскохозяйственных земель. //Международный научно-исследовательский журнал, - 2017, - 1(67).- 34-38. DOI: 10.23670/IRJ.2018.67.107.
4. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA, 1973, SP-351, vol.1, pp.309-317.
5. Вилюнов С.Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальцев А.А. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3 (43). – С.73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83
6. Артюшин А.А., Курбанов Р.К., Марченко Л.А., Захарова О.М. Выбор типоразмерного ряда беспилотных летательных аппаратов и полезной нагрузки для мониторинга сельскохозяйственных полей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 4 (37). – С. 36-43.
7. Kurbanov R., Zakharova N., Sidorenko V., Vilyunov S. (2022). The Use of Vegetation Indices in Comparison to Traditional Methods for Assessing Overwintering of Grain Crops in the Breeding Process. In: Hu, Z., Wang, B., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPE 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 119. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-97064-2_6

References

1. Denisov P. V., Troshko K. A., Lupyan E. A., Tolpin V. A. Possibilities and experience of using Vega-PRO information system for agricultural land monitoring // *Vychisl. tekhnologii*. 2022. Vol. 27. № 3. Pp. 66-83. DOI: 10.25743/ICT.2022.27.3.006.
2. Rodimtsev S.A., Pavlovskaya N.E., Vershinin S.V., Zelyukin V.I., Gor'kova I.V. Modeling of vegetation conditions using deviations of current NDVI values from mean annual values. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2022; 3(57): 591-603. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.591rus.
3. Bochkareva E.A., Khristodulo E.A., Biglova A.D., Grekhova Yu.S. Interpolation of NDVI time series of seasonal vegetation development in agricultural lands. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2017, 1(67): 34-38 DOI: 10.23670/IRJ.2018.67.107.
4. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA, 1973, SP-351, vol.1, pp.309-317.
5. Vilyunov S.D., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Mal'tsev A.A. Application of vegetation indices in breeding winter soft wheat. // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2022. - № 3(43). - S.73-83 .DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83
6. Artyushin A.A., Kurbanov R.K., Marchenko L.A., Zakharova O.M. Selection of the size range of unmanned aerial vehicles and effective load for monitoring agricultural fields // *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. - 2019. - № 4(37). - Pp. 36-43.
7. Kurbanov R., Zakharova N., Sidorenko V., Vilyunov S. (2022). The Use of Vegetation Indices in Comparison to Traditional Methods for Assessing Overwintering of Grain Crops in the Breeding Process. In: Hu, Z., Wang, B., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPE 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 119. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-97064-2_6

DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-151-155

УДК 633.353:631.526.32

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОРТА БОБОВ КОРМОВЫХ УНИВЕРСАЛ

Б.А. ВОРОНИЧЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук,

E-mail: voronichev.boris@yandex.ru

М.А. ТОЛКАЧЕВА, старший научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР, г. ОРЕЛ

В статье изложены результаты создания высокотехнологичного сорта бобов кормовых Универсал. В 2020 году сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Сорт имеет более короткий вегетационный период. По данным конкурсного сортоиспытания средняя урожайность составила 24,5 ц/га, это на 2,6 ц/га выше стандарта. Максимальная урожайность получена в 2017 году – 26,5 ц/га. Предназначен для получения фуражного зерна и зеленой массы.

Ключевые слова: бобы кормовые, сорт, урожайность, вегетационный период, белок.

Для цитирования: Вороничев Б.А., Толкачева М.А. Морфобиологические особенности сорта бобов кормовых Универсал. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):151-155. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-151-155

MORPHOBIOLOGICAL FEATURES OF THE VARIETY OF FODDER BEANS UNIVERSAL

B.A. Voronichev, M.A. Tolkacheva

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: *The article presents the results of the creation of a high-tech variety of the Federal Scientific Center for Legumes and Cereals (FNC ZBK) of Universal fodder beans. In 2020, the variety was included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation. The variety has a shorter growing season. According to the competitive variety testing, the average yield was 24.5 c/ha, which is 2.6 c/ha higher than the standard. The maximum yield was obtained in 2017 – 26.5 c/ha. It is intended for obtaining feed grain and green mass.*

Keywords: fodder beans, variety, yield, growing season, protein.

Для стабильного производства высококачественного растительного белка, сокращения напряженности уборочных процедур, сохранности потенциального почвенного плодородия и активного ведения экологического земледелия (за счет способности симбиоза с азотфиксирующими бактериями с последующей выработкой биологического азота) необходимо расширять ассортимент выращиваемых зернобобовых культур, отличающихся друг от друга биологическими особенностями, за счет, например, кормовых бобов [1].

Кормовые бобы – ценная зерновая бобовая культура, имеющая большое народнохозяйственное значение. По содержанию белка в семенах и его усвояемости в организме человека и животных, бобы превосходят горох. Кормовые бобы в нашей стране больше известны как зернофуражная, силосная и сидеральная культура, причём доминирующим является первый способ хозяйственного использования [2, 3, 4,].

Высокой питательностью отличается зелёная масса бобов - в ней содержится протеина в 1,5-2 раза больше, чем в зелёной массе кукурузы. В зелёной массе и недозрелых семенах

бобов много различных витаминов (А, В и, особенно, С), что очень важно для нормального развития молодняка. Кормовые бобы, как и многие другие зернобобовые культуры, способствуют увеличению ресурсов азота в земледелии и являются хорошим предшественником для зерновых, пропашных культур.

Для увеличения производства зерна кормовых бобов наряду с совершенствованием агротехнологий важное значение имеет создание сортов нового поколения, способных полностью реализовать биологический потенциал растений, ресурсы среды, быть устойчивыми к комплексу абиотических стрессов [5, 6, 7]. Современные сорта бобов кормовых отечественной селекции Стрелецкие, Красный богатырь, Универсал (ФНЦ ЗБК) [8], Калор, Дружные, Сибирские, Узуновские других научных организаций отличаются высоким потенциалом урожайности и в благоприятных условиях способны формировать до 70-75 ц/га и более востребованной рынком продукции.

Цель исследований – создать и передать на государственное сортоиспытание новый высокотехнологичный сорт бобов кормовых со стабильной урожайностью кормовой массы и продуктивностью семян в условиях Российской Федерации.

Материал и методика исследований

Работа по созданию сорта Универсал проводилась в 2010-2018 гг. в лаборатории селекции зернобобовых культур ФНЦ ЗБК, который находится в северной части Центрально - Чернозёмного региона. Предшественник – чистый пар. Почва опытного участка темно серая лесная, содержание гумуса по Тюрину 4,0-4,1%, общего азота – 0,14-0,16%; подвижного фосфора (P₂O₅) по Кирсанову – 12,4-15,8 мг/100 г почвы; калия (K₂O) по Кирсанову – 4,8-6,3 мг/100 почвы; сумма поглощённых оснований – 22-24 мг/экв на 100 г почвы; степень поглощённости оснований – 84%; рН солевой вытяжки – 4,8-5,2.

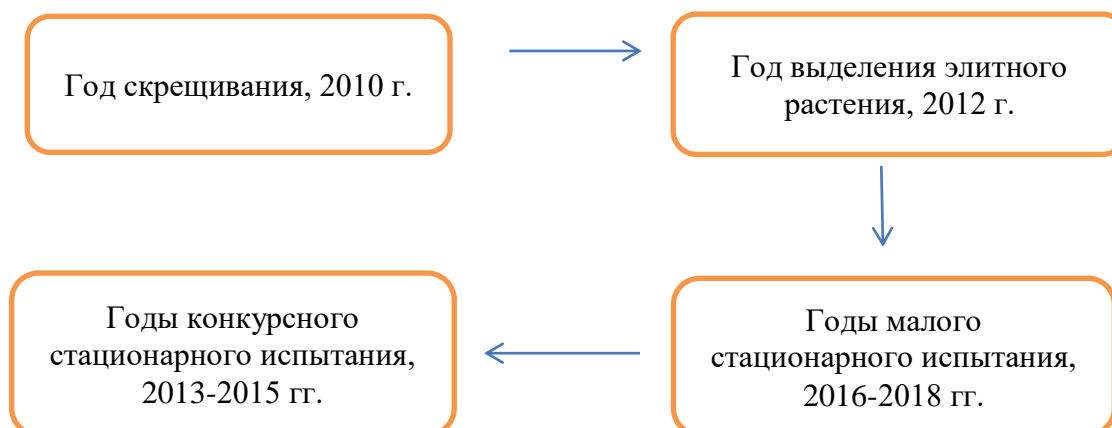
Посев сплошной рядовой сеялкой СКС-6-10 с нормой высева 550 тыс. всхожих семян на гектар. Площадь делянки 25 м². Высевали в 4-х кратной повторности. Стандартом был районированный сорт бобов кормовых Янтарные. Учет и фенологические наблюдения проводились по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971).

Отбор снопового материала осуществляли по 30 растений для анализа по элементам структуры урожая. Уборка однофазная комбайном «Сампо-130».

В период конкурсного сортоиспытания (2016-2018 гг.) погодные условия вегетационных периодов были весьма напряженными по влагообеспеченности в наиболее критические фазы развития растений кормовых бобов – бутонизация и цветение. В 2017 году условия для выращивания бобов кормовых были лучшими по сравнению с 2016 и 2018 годами.

В 2020 году по результатам государственного сортоиспытания новый сорт бобов кормовых Универсал внесён в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущен к использованию по всем регионам. Авторы сорта: Вороничев Б.А., Толкачева М.А., Задорин А.М., Зеленев А.А., Кононова М.Е., Ятчук П.В.

Сорт создан методом массового отбора элитных растений из F₂ гибридной популяции К-1410 (В. Сванетика) х К-1721 (Югославия) по схеме:



Результаты и обсуждение

Сорт бобов кормовых Универсал относится к разновидности *Vicia faba L. var. minor* Besk. Растения сорта среднерослые и имеют стебель высотой 80-90 см, неветвящиеся, с высотой прикрепления нижних бобов 37-40 см (рис. 1). Растения созревают дружно, листья опадают полностью. Эти признаки делают сорт пригодным к прямому комбайнированию.

Число междоузлий находится в пределах оптимального и составляет 16-25. На растении формируется в среднем 7-10 продуктивных узлов. Соцветие – кисть с 4-9 цветками. Цветки крупные белые, с чёрным пятном на крыльях. Окраска паруса цветка – белая с черной нервацией, крыльев – белая с черными пятнами, лодочки – белая. Бобы луцильного типа, на растение может образовываться в среднем 15-20 штук, максимально было 38 штук. Бобы прямые с заостренной верхушкой, в зрелом состоянии черного цвета. Длина бобов 6-7 см, ширина около 1 см. В бобе образуется 3...4 семени, максимум до 5 (рис. 2).

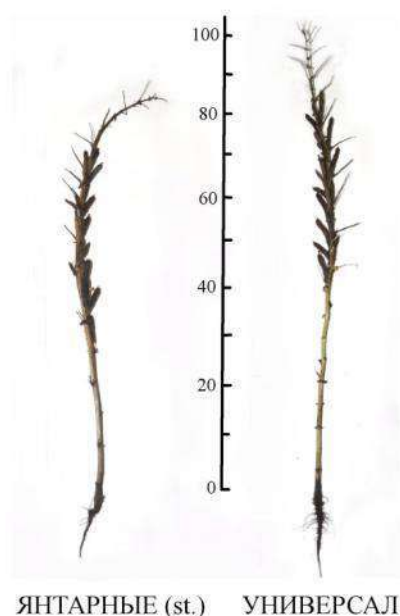


Рис. 1. Растения сортов Янтарные (st.) и Универсал



Рис. 2. Бобы сортов Янтарные (st.) и Универсал



Рис. 3. Семена сортов Янтарные (st.) и Универсал

Семена эллиптической формы с бежевой окраской оболочки. Семена мелкие, масса 1000 зерен 405 грамм, имеют вальковатую форму ширина 7,4 мм, длинна 10,8 мм (рис. 3). Цвет семян светло-коричневый, обусловленный окраской семенной кожуры, рубчик черный. Окраска семядолей лимонно-желтая.

Длина вегетационного периода варьировала в зависимости от метеоусловий от 122 до 103 суток, составив в среднем 114 суток, что на 2 суток короче стандарта (табл. 1). Фаза "от

полных всходов до полного цветения" у сортов Янтарные и Универсал была одинаковая. Однако, налив и начало созревания бобов у сорта Универсал происходили быстрее.

Таблица 1

Продолжительность вегетационного периода сортов бобов кормовых Янтарные (st.) и Универсал, (суток)

Показатели	Универсал			Среднее	Янтарные (st.)			Среднее
	2016	2017	2018		2016	2017	2018	
Вегетационный период	122	118	103	114	123	120	104	116
От полных всходов до полного цветения	12	18	12	14	12	18	12	14
От полного цветения до хозяйственной спелости	34	32	38	35	34	34	40	36
От начала цветения до конца цветения	76	68	53	66	77	68	52	66

Средняя урожайность нового сорта Универсал в конкурсном сортоиспытании составила 24,5 ц/га, что на 2,6 ц/га превышает стандарт Янтарные (табл. 2).

Таблица 2

Результаты конкурсного сортоиспытания сорта бобов кормовых Универсал

Сорт	Урожай семян, ц/га по годам				Масса 1000 семян, г	Содержание сырого протеина в семенах, %
	2016	2017	2018	средн.		
Универсал	23,2	26,5	23,7	24,5	405	31,1
Янтарные, st	20,4	23,5	21,8	21,9	435	31,3
НСР _{0,5}	1,3	1,8	1,4	-	-	-

Содержание сырого протеина у сорта Универсал составило 31,1%, что близко к аналогичному показателю у стандарта – 31,3%. Однако, за счет более высокой урожайности сбор сырого протеина у сорта Универсал на 0,9 ц/га больше стандарта.

Заключение

Таким образом, новый сорт бобов кормовых Универсал, внесённый в Госреестр селекционных достижений для возделывания во всех регионах РФ, высокотехнологичный, устойчивый к полеганию и осыпанию семян, с высоким потенциалом продуктивности. По направлению использования продукции имеет универсальное назначение.

Литература

1. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 6-13.
2. Таланов И. П. Кормовые бобы – перспективная зернобобовая культура // Вестник Казанского ГАУ. – 2013. – Т. 8. – № 4. (30). – С. 146-149.
3. Бойко В. С., Гизатулин Р. Ф. Выращивание и использование в животноводстве кормовых бобов на юге Западной Сибири // Кормопроизводство. – 2016. – № 3. С. 16-19.
4. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-16. DOI: 10.24411/2309- 348X-2020-11198

5. Задорин А.М., Вороничев Б.А., Ятчук П.В., Кудрявцев А.Н. Новый сорт кормовых бобов Красный богатырь // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 3 (19). – С. 85-89.
6. Вороничев Б.А. Селекционный аспект проблемы повышения устойчивости производства зерна кормовых бобов. // Биологический и экономический потенциал зернобобовых, крупяных культур и пути его реализации. Орёл, – 1999. – С. 130-134.
7. Стебакова Е.Н., Амелин А.В. Морфофизиологические параметры перспективных сортов бобов для ЦЧР РФ как цели селекции. // Вестник ОрёлГАУ. – 2012. – № 3 (36). – С. 51-56.
8. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Орёл: ООО ПФ «Картуш». – 2022 – 204 с. Авторы: Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Панарина В.И., Бобков С.В., Бударина Г.А., Грядунова Н.В., Задорин А.М. и другие.

References

1. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Naumkin V.V. Grain legumes - an important factor for sustainable ecologically oriented agriculture // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2016. - № 1 (17). - Pp. 6-13
2. Talanov I. P. Fodder beans are a promising legume crop // *Vestnik Kazanskogo GAU*. - 2013. V. 8. № 4. (30). Pp. 146-149.
3. Boiko V. S., Gizatulin R. F. Cultivation and utilization of fodder beans in livestock in the south of Western Siberia // *Kormoproizvodstvo*. - 2016. № 3. Pp. 16-19.
4. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Development of leguminous and cereal crops production in Russia based on the use of breeding achievements // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2020. №4(36).-Pp.5-16. DOI: 10.24411/2309- 348Kh-2020-11198
5. Zadorin A.M., Voronichev B.A., Yatchuk P.V., Kudryavtsev A.N. New variety of fodder beans Krasny Bogatyr // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2016. - №3(19). - Pp. 85-89.
6. Voronichev B.A. Breeding aspect of the problem of increasing the sustainability of fodder bean grain production. // *Biologicheskii i ekonomicheskii potentsial zernobobovykh, krupyanykh kul'tur i puti ego realizatsii*. Orel, 1999. - Pp. 130- 134.
7. Stebakova E.N., Amelin A.V. Morphophysiological parameters of promising bean varieties for the Central Chernozem Region of the Russian Federation as breeding targets. // *Vestnik OrelGAU* -2012, №3(36).- Pp.51-56.
8. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog. Orel, ООО ПФ «Kartush» Publ., 2022, 204 p.

НОВЫЙ СОРТ ГОРОХА НАРАТ С ЦЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ ПО КАЧЕСТВУ БЕЛКА

К.Д. ШУРХАЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0001-9375-9662, E-mail: shurhaeva.k@yandex.ru.,
А.Н. ФАДЕЕВА, кандидат биологических наук, **Т.Н. АБРОСИМОВА**,
Е.С. КИРИЛЛОВА, **Д.Д. САЙФУТДИНОВА**, научные сотрудники

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН, г. КАЗАНЬ

Значительная роль в повышении урожайности и увеличении валовых сборов гороха принадлежит селекции. Актуальным направлением в селекции гороха является создание сортов продовольственного направления использования с высоким качеством белка.

За 10-летний период представлены результаты урожайности нового сорта Нарат в годы с недостаточной влагообеспеченностью в различные фазы развития растений 2013, 2014, 2015, 2018 с низким значением ГТК 0,15...0,58, отмечена достоверная прибавка урожайности 0,45...1,12 т/га.

По содержанию белка в семенах с максимальным значением до 26,0% и высокими кулинарными свойствами сорт относится к ценным продовольственным сортам.

Ключевые слова: сорт, устойчивость к полеганию, урожайность, содержание белка.

Для цитирования: Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н., Кириллова Е.С., Сайфутдинова Д.Д. Новый сорт гороха Нарат с ценными свойствами по качеству белка. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):156-161. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-156-161

A NEW VARIETY OF GRAIN PEAS NARAT WITH VALUABLE PROPERTIES IN TERMS OF PROTEIN QUALITY

K.D. Shurkhaeva, A.N. Fadeeva, T.N. Abrosimova, E.S. Kirillova, D.D. Sayfutdinova

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

Abstract: *A significant role in increasing the yield and increasing the gross yield of peas belongs to breeding. An actual direction in the breeding of peas is the creation of varieties of food use with high quality protein.*

Over a 10-year period, the results of the yield of a new variety of Narat in years with insufficient moisture supply in various phases of plant development in 2013, 2014, 2015, 2018 with a low GTC value of 0.15...0.58 are presented, a significant increase in yield of 0.45 ...1.12 t/ha is noted.

According to the protein content in seeds with a maximum value of up to 26.0% and high culinary properties, the variety belongs to valuable food varieties.

Keywords: variety, lodging resistance, yield, protein content.

Введение

Горох – самая скороспелая зерновая бобовая культура универсального использования, которая дает по сравнению с другими зернобобовыми самые высокие и устойчивые, богатые растительным белком урожаи семян, сена и зеленой массы [1].

Зерно гороха обладает хорошими вкусовыми качествами, высокой разваримостью и питательностью, семена сохраняют свои пищевые и вкусовые качества в течение 10-12 лет, что определяет высокую ценность культуры для создания резервных фондов. По

содержанию белка горох в 2-3 раза превосходит такие культуры, как ячмень и овёс. Белок гороха отличается высокой биологической ценностью (75-85%), содержит почти все незаменимые аминокислоты (кроме метионина), легко усваивается человеком и животными, а по содержанию лизина существенно превосходит другие зернобобовые культуры [2].

Значительная роль в повышении урожайности и увеличении валовых сборов гороха принадлежит селекции. В последнее время всё активнее ведется селекционная работа по гороху. Ежегодно Госреестр пополняется новыми сортами. Селекция гороха направлена на повышение продуктивности и качества зерна за счет совершенствования морфотипа растений, в первую очередь – перестройки архитектоники листового аппарата. Появление многообразия новых морфотипов гороха обусловлено насыщением генотипов сортов рецессивными аллелями: *af* (усатый тип листа), *def* (неосыпающиеся семена), которые обеспечивают устойчивость агроценоза к полеганию [3]. То есть решена сложная задача повышения технологичности возделывания сортов гороха и уменьшения потерь зерна при уборке. В настоящее время в производстве используется более 75% таких сортов [4-7].

В Татарском НИИСХ создание сортов с усатым типом листа (*af*), который играет высокую роль в обеспечении устойчивости растений к полеганию начато в конце 90-х годов. Ретроспективный анализ показал, что за период селекции от примитивных форм до лучших современных гладкосемянных сортов гороха накопление белка в семенах гороха уменьшилось на 2-7%. Эта тенденция обусловлена тем, что решающим показателем при допуске сорта в производство является урожайность, технологичность к механизированному возделыванию, общее содержание белка, и в меньшей степени уделяется внимание селекции на повышение пригодности на пищевые цели. Судя по биохимическим показателям семян сортов, включенных в Реестр селекционных достижений, только четвертая часть из них имеет высокую пригодность на пищевые цели. [8, 9]. Актуальным направлением в селекции гороха является создание сортов продовольственного направления использования с высоким качеством белка.

Цель исследований – оценка нового сорта гороха по хозяйственно ценным признакам и показателям качества белка в семенах.

Материал и методы исследования

Объектом исследования являлся новый сорт гороха Нарат, на который в 2021 году получен патент РФ №11832 от 08.07.2021. В 2022 году включен в Госреестр охраняемых сортов РФ и допущен к использованию по Центральному (3), Центрально-Черноземному (5), Средневолжскому (7), Уральскому (9), Западно - Сибирскому (10) регионам. Содержание белка в семенах (ГОСТ 10846-91) определяли методом Кьельдаля [10]. Для перевода азота в белок использовали коэффициент 6,25. Кулинарные свойства (коэффициент разваримости, вкус, цвет каши) определяли в соответствии с ГОСТ 10967-90 с использованием общепринятой методики Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений (1989). При передаче сорта на новизну проводилось ботаническое описание новых селекционных достижений на отличимость, однородность и стабильность [11]. Стандарт – безлисточковый неосыпающийся сорт Ватан.

Результаты и обсуждение

Сорт зернового гороха Нарат получен при многократном индивидуальном отборе. В качестве отцовского компонента использована линия с усатым типом листа и осыпающимися семенами. В качестве материнской линии выбран сорт, характеризующийся облиственной формой листа.

Из отобранного потомства гибридной популяции выделено несколько линий, высеянных в селекционном питомнике второго года. Для посева в контрольном питомнике сравнивали три популяции с осыпающимися семенами. Из них выделилась одна популяция под номером КТ-6503, которая оценивалась в питомнике конкурсного сортоиспытания.



Рис. 1. Растения сорта Нарат



Рис. 2. Семена сорта Нарат

Новое селекционное достижение гороха посевного (*Pisum sativum* L. sensu lato) относится к разновидности *var.cirrifefum* (усатая осыпающаяся). У нового сорта Нарат имеется ряд отличительных признаков по сравнению со стандартным сортом Ватан (табл. 1).

Таблица 1

Ботаническое описание нового селекционного достижения

Признак	Степень выраженности	
	Ватан	Нарат
Семена: черная окраска рубчика	имеется (рубчик закрыт остатком семяножки)	отсутствует
Растение: высота	среднее-высокое	среднее
Прилистник: ширина	средний	узкий-средний
Только нефасцированные сорта: растение максимальное число цветков на узел	два-три	два
Только сорта без антоциана: цветок: окраска паруса	белая	кремовая
Цветок: максимальная ширина паруса	средний-широкий	широкий
Цветок: форма основания паруса	прямое-вогнутое	вогнутое
Цветок: интенсивность волнистости паруса	очень слабая-слабая	отсутствует-или очень слабая
Цветок: длина цветоноса от стебля до первого цветка	средний	короткий-средний
Боб: длина	средний	короткий-средний
Боб: число семяпочек	среднее -много	среднее
Масса 1000 семян	средняя	средняя-высокая

Семена характеризуются шаровидной формой, рубчик семени светлый, семяножка при созревании отделяется от семенной оболочки. Максимальное число цветков на узле формируется два. Парус цветка широкий, с кремовой окраской и вогнутой формой основания. Интенсивность волнистости паруса отсутствует или очень слабая. Длина цветоноса и боба варьирует от короткого до среднего. В бобе формируется среднее количество семяпочек, масса 1000 семян от средней до высокой.

Сорт Нарат среднеспелый, по продолжительности вегетационного периода превышал стандартный сорт Ватан на двое – трое суток. За 10-летний период почти за все годы испытания в питомнике конкурсного сортоиспытания сорт Нарат реализовал высокий потенциал урожайности по сравнению со стандартом в пределах 1,17...3,70 т/га. В годы с недостаточной влагообеспеченностью в различные фазы развития растений 2013, 2014, 2015, 2018, отмечена достоверная прибавка урожайности 0,39...1,12 т/га. Максимальная прибавка отмечена в 2014 году и составляла 53,8%. В экстремально засушливых условиях 2021 года значение урожайности установлено в пределах ошибки опыта (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность нового сорта Нарат по результатам конкурсного сортоиспытания,

Сорт	Вегетационный период, сут.									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ватан ст.	54	64	69	66	78	66	73	64	55	66
Нарат	57	66	73	69	80	69	76	65	57	67
Урожайность, т/га										
Ватан ст.	1,54	2,08	2,36	3,54	3,99	1,98	2,79	3,57	1,00	2,76
Нарат	1,99	3,20	2,99	3,70	3,70	2,31	3,04	3,67	1,17	2,83
	0,45	1,12	0,63	0,16	0,29	0,33	0,25	0,10	0,17	0,07
НСР ₀₅	0,33	0,41	0,25	0,34	0,34	0,27	0,37	0,32	0,20	0,18

Примечание: в знаменателе прибавка урожайности к стандарту, т/га

По формированию основных элементов продуктивности отмечено значительное превышение по сравнению со стандартным сортом Ватан.

Благодаря перестройке листового аппарата в плотно сцепленные усики новый сорт и стандарт Ватан обладают устойчивостью к полеганию, с баллом полегания 5, но по высоте стебля Нарат в среднем по годам превышал стандарт на 6,0 см. По остальным биометрическим показателям сорт Нарат имел значительное преимущество по сравнению со стандартным сортом Ватан (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика элементов морфоструктуры урожая, среднее за 2013-2022 гг.

Показатель	Сорт			
	Ватан ст.	min-max	Нарат	min-max
Высота стебля, см	48	33,7-76,6	54,6	41,2-93,3
Число бобов с растения	3,4	2,6-4,9	3,6	2,5-5,1
семян	11,1	7,2-16,5	13,7	7,7-20,1
семян в бобе	3,2	2,7-3,8	3,8	3,2-4,1
Масса семян с растения, г	2,68	1,40-4,20	3,02	1,45-4,71
Масса 1000 семян	242,1	196,3-269,0	221,8	192,3-280,5

У сорта Нарат согласно многолетним данным содержание белка варьировало по годам от 21,64 до 26,32%, прибавка составляла от 0,39 до 2,69%. (рис. 1). Высокий потенциал нового сорта обусловлен значительным накоплением белка в семенах наряду с достоверной прибавкой по урожайности. В 2021 году значение показателя достигало максимального значения 26,32%. Высокое превышение отмечено в 2015, 2017, 2020 годах, значение составляло 1,98-2,69%. Преимущество сорта Нарат состояло в том, что при формировании урожайности на достоверном уровне в отдельные годы (2013, 2015, 2018 гг.) увеличивалось и содержание белка в семенах с отклонением от стандарта в пределах 0,39...0,43%. Повышенное накопление белка в семенах нового сорта Нарат установлено в засушливых условиях 2021 года с прибавкой 0,71% (рис. 3).

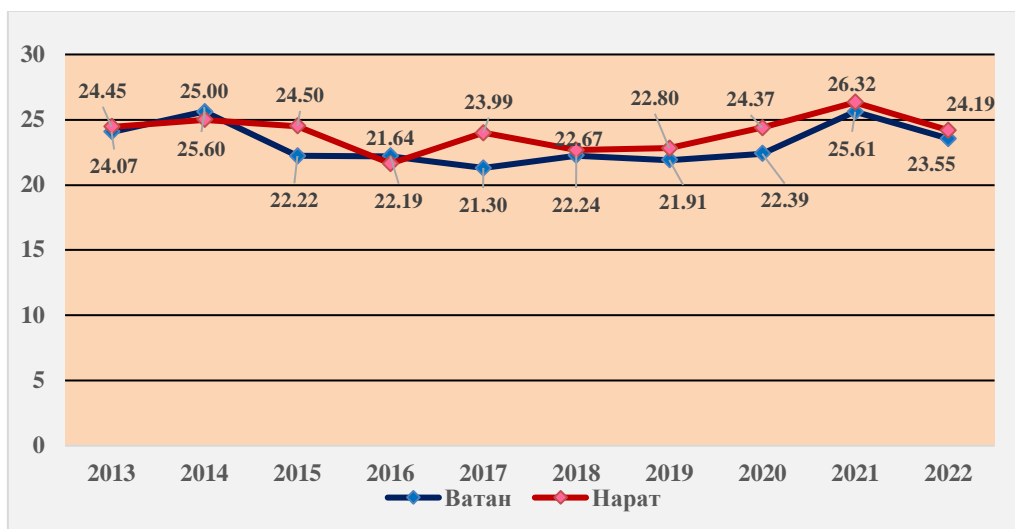


Рис. 3. Содержание белка на абсолютно сухое вещество, %, 2013-2022 гг.

Кулинарные свойства сортов оценивали по времени варки, коэффициенту разваримости и вкусу вареных семян. Для включения сорта в список ценных по качеству коэффициент разваримости семян должен быть выше 2,4 ед., время варки семян не должно превышать 160 мин, а вкус вареных семян должен быть на уровне 4–5 баллов [12].

По данным таблицы 4 можно судить, что сорт Нарат относится к ценным по качеству семян сортам с хорошими кулинарными свойствами. Время варки в среднем составляло от 95 до 135 минут, с коэффициентом разваримости 2,6 ед. По вкусовым качествам вареных семян характерен балл 5 (табл. 4).

Таблица 4

Кулинарная оценка нового сорта Нарат, среднее за 2013-2022 гг.

Показатель	Ватан		Нарат	
	по годам	среднее значение	по годам	среднее значение
Время варки, мин	90-160	114,0	95-135	114,5
Коэффициент разваримости, ед.	2,2-2,8	2,4	2,6	2,3-2,8
Вкус вареных семян, балл	4,3-5	5	5	4,7
Цвет	желтый		светло-желтый	
Консистенция	полурассыпчатая		полурассыпчатая	

На Госсортоучастках в Республике Татарстан сорт Нарат превысил стандарт Ватан на 3,3 ц/га при урожайности 23,1 ц/га. В Томской области обеспечил прибавку 7,5 ц/га к стандарту Томас при урожайности 60,4 ц/га. в 2020 г. максимальная урожайность (65,5 ц/га) получена в Томской области [13]. В 2020 году в ООО «Урожай» республики Башкортостан реализовал урожайность 54,0 ц/га. Сорт Нарат успешно внедряется в производство и возделывается в республике Татарстан, Башкортостан и Оренбургской области.

Заключение

Сорт Нарат обладает высокой устойчивостью к полеганию, засухоустойчивость выше стандарта. В годы с недостаточной влагообеспеченностью в различные фазы развития растений 2013, 2014, 2015, 2018 с низким значением ГТК 0,15...0,58, отмечена достоверная прибавка урожайности 0,45...1,12 т/га. По содержанию белка в семенах с максимальным значением до 26,0% и высокими кулинарными свойствами относится к ценным продовольственным сортам. Представляет перспективность для дальнейшего внедрения в производство.

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

Литература

1. Омелянюк Л.В., Асанов А.М., Кармазина А.Ю. Новинки селекции гороха посевного в ФГБНУ «Омский АНЦ» // Вестник Омского ГАУ, – 2019. – № 2 (34). – С. 56-65.
2. Пислегина С.С., Четвертных С.А. Урожайность сортов гороха в конкурсном сортоиспытании в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, – 2018. – № 6, – Т. 67. – С. 58-64.
3. Зеленев А.Н., Задорин А.М., Зеленев А.А., Кононова М.Е. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2020. – № 1 (33). – С. 4-10. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11147
4. Зотиков В.И., Вилунов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур России // Вавиловский журнал генетики и селекции, – 2021. – № 25 (4). – С. 381-387. doi: 10.18699/VJ21.041
5. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Магафурова Ф.Ф. Сравнительное изучение хозяйственно-биологических признаков у сортов гороха, созданных в республике Башкортостан за последние 30 лет // Известия Оренбургского ГАУ, – 2020. – № 4 (84). – С. 72-77.
6. Лихачева Л.И., Гималетдинова В.С. Перспективные сорта гороха селекции Красноуфимского селекционного центра // Достижения науки и техники АПК, – 2019. – № 6, – Т. 33. – С. 30-32.
7. Соболева Г.В., Зеленев А.А., Задорин А.М., Кононова М.Е., Суворова Г.Н. Новый сорт гороха Столетник // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2022. – № 2 (42). – С. 60-65. doi: 10.24412/2309-348X-2022-2-60-65
8. Зеленев А.Н., Зеленев А.А. Повышение биоэнергетического потенциала растения – актуальная проблема селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. – № 4 (20). – С. 9-15.
9. Катюк А.И., Шаболкина Е.Н., Булатова К.А., Анисимкина Н.В., Беляева М.В. Характеристика сортов фасоли, сои и гороха селекции Самарского НИИСХ по пищевым качествам семян // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, – 2018. – № 2(4), – Т. 20. – С. 767-771.
10. Методы биохимического исследования растений / Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и [др.]; под ред. А.И. Ермакова. - 3-е изд., переиздание. и доп. - Ленинград: Изд-во "Агропромиздат", – 1987. – 429 с.
11. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность по гороху *Pisum sativum* L. sensu lato*// Официальный бюллетень Госсортокмиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений. – 1995. – Вып. 10. – С. 704-744.
12. Майстренко О.А. Перспективные селекционные линии зернового гороха как источники новых сортов // Аграрный научный журнал, – 2022. – №7. – С. 27-31.
13. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2022. – 646 с.

References

1. Omelianyuk L.V., Asanov A.M., Karmazina A.Yu. Novelties of seed pea breeding in the Omsk ANC Federal State Budgetary Institution // Bulletin of the Omsk State Agrarian University, – 2019. - № 2 (34). – Pp. 56-65.
2. Pislegina S.S., Chetvertnykh S.A. Productivity of pea varieties in competitive variety testing in the conditions of the Kirov region // Agrarian science of Euro-North-East, – 2018. - No. 6, Vol. 67. - pp. 58-64.
3. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A., Kononova M.E. Breeding of tendrill pea varieties at the Federal Research Center of Legumes and Groat Crops // Zernobobovye i krupyanye kul'tury, – 2020. - №1(33). – Pp. 4-10. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11147
4. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Modern breeding of leguminous and groat crops of Russia // Vavilov Journal of Genetics and Breeding, - 2021. - №25(4). – Pp. 381-387. DOI 10.18699/VJ21.041
5. Davletov F.A., Gainullina K.P., Magafurova F.F. Comparative study of economic and biological characteristics of pea varieties created in the Republic of Bashkortostan over the past 30 years // Izvestiya Orenburg GAU, – 2020. - №4(84). – Pp. 72-77.
6. Likhacheva L.I., Himaletdinova V.S. Promising varieties of peas of the Krasnoufim breeding center // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, -2019. –No. 6, vol. 33. - pp.30-32.
7. Soboleva G.V., Zelenov A.A., Zadorin A.M., Kononova M.E., Suvorova G.N. A new variety of peas Stoletnik // Zernobobovye i krupyanye kul'tury, - 2022. - № 2 (42). – Pp. 60-65. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-60-65
8. Zelenov A.N., Zelenov A.A. Increasing the bioenergetic potential of a plant – an actual problem of pea breeding // Zernobobovye i krupyanye kul'tury, - 2016. - №4(20). – Pp.9-15.
9. Katyuk A.I., Shabolkina E.N., Bulatova K.A., Anisimkina N.V., Belyaeva M.V. Characteristics of varieties of beans, soybeans and peas of the Samara Research Institute of Agricultural Sciences selection according to the nutritional qualities of seeds // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, – 2018. - № 2(4), Vol. 20. – pp. 767-771.
10. Methods of biochemical research of plants / Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. and [others]; edited by A.I. Ermakov. - 3rd ed., reprint. and suppl. - Leningrad: Publishing house "Agropromizdat", - 1987. – 429 p.
11. Methodology of testing for distinctness, uniformity and stability for peas *Pisum sativum* L. sensu lato*// Official Bulletin of the State Selection Commission for Variety Testing and Protection of breeding Achievements. – 1995. - Issue 10. – pp. 704-744.
12. Maistrenko O.A. Promising breeding lines of grain peas as sources of new varieties // Agrarian Scientific Journal, – 2022. - No. 7. – pp. 27-31
13. The State Register of breeding achievements approved for use. Volume 1. "Plant varieties" (official publication). Moscow: FGBNU "Rosinformagrotech, - 2022. – 646 p.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРТ ГОРОХА ПОСЕВНОГО ДОКУЧАЕВСКИЙ

И.А. ФИЛАТОВА, старший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-5706-7332

Н.А. НУЖНАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА

E-mail: niish1c@mail.ru

Характеристика нового сорта гороха посевного зернофуражного направления использования созданного в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» – Докучаевский. Новый сорт имеет усатый тип листа, высота стебля – на уровне сорта Фокор, зерно розовое. В годы конкурсного сортоиспытания (1916-2021 гг.) новый сорт достоверно превысил уровень урожайности сорта-стандарта Фокор на 0,27 т/га (13,8%). Основным показателем, определяющим высокую продуктивность сорта, является «число зерен в бобе». Среднее количество зерен в бобе его растений в период испытаний находилось на уровне 4,7, что на 20,5% больше, чем у сорта стандарта (3,9 зерен). Новый сорт отличается устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, и в экстремальные по погодным условиям годы показывает более высокий уровень продуктивности. Достоинством сорта является его раннее созревание (на 5-7 дней раньше стандарта), что позволяет значительно уменьшить напряжение во время проведения уборочных работ.

Ключевые слова: горох посевной, сорт, урожайность, технологичность, сортоиспытание.

Для цитирования: Филатова И.А., Нужная Н.А. Перспективный сорт гороха посевного Докучаевский. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):162-166. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-162-166

PROMISING VARIETY OF COMMON PEAS DOKUCHAEVSKY

I.A. Filatova, N.A. Nuzhnaya

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

Abstract: *Characteristics of a new variety of peas of the sown grain-fodder direction of use created at the FSBSI «V.V. Dokuchaev Voronezh Federal agrarian research center – Dokuchaevskii. The new variety has a tendrill leaf type, the height of the stem is at the level of the Focor variety, and the grain is pink. During the years of competitive variety testing (1916-2021), the new variety significantly exceeded the yield level of the Focor standard variety by 0.27 t/ha (13.8%). The main indicator determining the high productivity of the variety is the "number of grains in a bean". The average number of grains in the bean of its plants during the testing period was at the level of 4.7, which is 20.5% more than that of the standard variety (3.9 grains). The new variety is resistant to adverse environmental factors, and shows a higher level of productivity in extreme weather conditions. The advantage of the variety is its early maturation (5-7 days earlier than the standard), which allows you to significantly reduce the stress during harvesting.*

Keywords: seed peas, variety, yield, manufacturability, variety testing.

Горох у нас в стране является основной зернобобовой культурой с богатой историей. Первые упоминания о его использовании в России относятся к VI-VIII векам, а его большая популярность (широкое распространение) началось с 18 века, когда его стали выращивать не только на полях и приусадебных участках, но и вдоль дорог. Спрос на горох не снижается и в

настоящее время. После провальных нулевых, когда площадь посева гороха у нас в стране снизилась до 600-800 тыс. га (меньше одного процента от всей посевной) в последние годы мы отмечаем устойчивую тенденцию ее роста. По данным Росстата в последние 10 лет площадь посева гороха ежегодно увеличивается в среднем на 10%. При этом в 2022 году общая площадь его посева относительно 2021 года выросла на 13,5%, а в 2023 г. относительно 2022 г. практически на 17%. То, что производители начинают расширять площади посева гороха, говорит, как о повышении спроса на него на сельскохозяйственном и продовольственном рынках, так и на улучшение характеристик (хозяйственно-ценных признаков у новых) сортов гороха.

Последние разработки в селекции гороха позволили существенно изменить морфотип растений, сделав акцент на их устойчивость к полеганию и осыпанию, тем самым существенно повысив технологичность его выращивания и снизить потери при уборке урожая. Слабым звеном в выращивании гороха остается его высокая зависимость от погодных (гидротермических) условий [1, 2, 3, 4]. По данным ряда исследователей [5, 6, 7] масса семян гороха, даже у современных его сортов, при неблагоприятных условиях вегетации может снижаться на 55-72%, результатом чего является и соответствующее снижение его урожайности. В связи с этим одной из основных задач, стоящих перед селекционерами по гороху, является создание сортов, способных стабильно реализовывать свой потенциал и при этом адекватно реагировать на изменение условий выращивания.

Цель исследований – создание нового высокопроизводительного сорта гороха зернового направления, сочетающего стабильно высокую урожайность, технологичность при уборке и устойчивость к неблагоприятным факторам среды.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены на полях селекцентра Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева, расположенного в Центрально-Черноземном регионе. Почва опытных полей чернозем обыкновенный, среднегумусный тяжелосуглинистого гранометрического состава.

Селекцию гороха вели в соответствии с Методическими указаниями ВИР и Методикой государственного сортоиспытания. Материалом для изучения была линия гороха 62/14, переданная на Государственное сортоиспытание в 2022 году как сорт Докучаевский. В качестве стандарта использовали сорт собственной селекции Фокор, который на Госсортоучастках Воронежской области является стандартом.

Агротехника выращивания гороха и проведения опытов была общепринятой. Селекционные питомники размещали по яровой пшенице. Норма высева устанавливалась из расчета 1,3 млн. всхожих зерен на гектар. Селекционный питомник 1 года (СП-1) и гибридные питомники 1-го и 2-го годов (ГП-1 и ГП-2) высевались вручную. Гибридный питомник 3-го года (ГП-3) высевали широкорядным способом сеялкой СУ-10, ширина междурядья 30 см. Отбор элитного растения был проведен в ГП-5. Посев делянок конкурсного сортоиспытания (КСИ), контрольного питомника (КП) и селекционного (СП) проводился селекционной сеялкой СУ-10. Уборка делянок КСИ, КП и СП-2 проводилась путем прямого комбайнирования комбайном «Сампо-130».

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований во время отбора лучшего образца и в период испытания перспективной линии в селекционных питомниках значительно отличались между собой и от среднесезонных данных, как по температурному режиму (рис. 1), так и по количеству выпавших осадков (рис. 2), что позволило объективно оценить экспериментальный селекционный материал в различных гидротермических условиях среды и дать наиболее полную характеристику новому сорту гороха зернового направления Докучаевский.

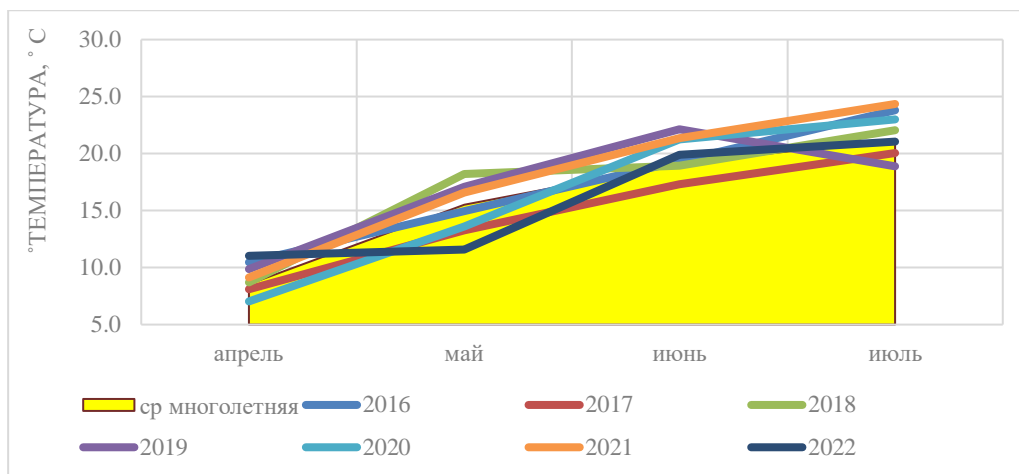


Рис. 1. Температура воздуха в период вегетации гороха во время выращивания его в конкурсном сортоиспытании

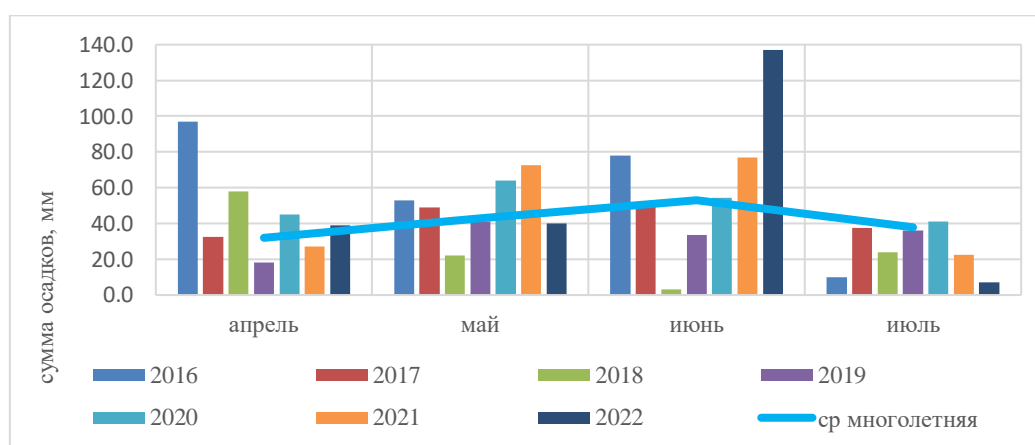


Рис. 2. Количество выпавших осадков в период проведения конкурсного сортоиспытания гороха в сравнении с многолетними данными

Результаты исследований

Новый сорт гороха *Докучаевский* создан методом индивидуального отбора из сложной многоступенчатой гибридной комбинации, выполненной между образцом собственной селекции – Л-218/03 полученного с участием сортов: Зеленозерный 1, Воронежский, Уладовский 7, Норд и скрещенного с сортом Фокор.

Сортообразец Л-218/03, используемый в качестве материнской формы, принадлежал к листочковому морфотипу. В качестве отцовской формы был взят среднеспелый высокоурожайный сорт местной селекции Фокор, характеризующийся усатым типом листа, устойчивостью к полеганию, высоким и стабильным потенциалом урожайности.

Новый сорт гороха *Докучаевский* характеризуется очень выровненным стеблестоем, дружным созреванием, устойчивостью к осыпанию и полеганию (устойчивость к полеганию по 5-ти бальной шкале на уровне стандарта – 5 баллов). Стебель обычной формы, высотой 43-65 см. Междоузлия укороченные, их общее количество варьирует от 16 до 18, до первого соцветия – 14-16.

Одним из важнейших свойств, определяющих перспективность сорта и использование его в сельскохозяйственном производстве, является продуктивность

Результаты конкурсного сортоиспытания показали, что новый сорт гороха *Докучаевский* во все годы изучения обеспечивал достоверное превышение урожайности над стандартом Фокор. В среднем за годы изучения (2016-2023 гг.) урожайность нового сорта составила 2,75 т/га, Фокора – 2,45 т/га, или на 12,2% выше. Максимальная урожайность была зафиксирована в 2022 году – 4,73 т/га. Наиболее ценным качеством современных сортов

гороха является их способность сочетать продукционные возможности с устойчивостью к факторам среды. Для оценки формирования уровня продуктивности нового сорта в различных погодных условиях все годы изучения были разбиты на группы по индексу среды (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность нового сорта гороха Докучаевский в конкурсном сортоиспытании, 2016-2023 гг., т/га

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	среднее
Фокор	3,01	2,65	1,76	0,9	0,63	2,17	4,70	3,65	2,45
Докучаевский	3,55	3,22	1,96	1,01	1,09	2,46	4,73	4,00	2,75
НСР ₀₅	0,2	0,19	0,18	0,13	0,12	0,27	0,19	0,25	0,17
инд среды Ij	7,5	4,2	-6,2	-15,5	-17,5	-1,6	17,0	12,0	

Результаты анализа показали, что новый сорт гороха Докучаевский проявлял более высокий уровень устойчивости к неблагоприятным условиям среды. Так было отмечено, что в благоприятные годы он обеспечивал прибавку урожая над стандартом на уровне 10,7% (0,33 т/га), в среднеобеспеченные годы на 9,9% (0,2 т/га), а в годы не отвечающие биологическим потребностям культуры в формировании высоких показателей продуктивности на 38,2% (1,05 т/га против 0,76 т/га) (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сорта Докучаевский в конкурсном сортоиспытании в зависимости от условий года, т/га

Годы	Докучаевский	Фокор	± к стандарту	НСР ₀₅
Очень благоприятные (2022, 2023 гг.)	4,36	4,17	+0,19	0,13
Благоприятные (2016, 2017 гг.)	3,39	3,06	+ 0,33	0,17
Среднеобеспеченные (2018, 2021 гг.)	2,21	2,01	+ 0,20	0,18
Неблагоприятные (2019, 2020 гг.)	1,05	0,76	+ 0,29	0,16

Сорт гороха Докучаевский характеризуется очень выровненным стеблестоем, дружным созреванием, устойчивостью к полеганию, по 5-ти бальной шкале, на уровне стандарта (5 баллов), устойчив к осыпанию. Высота растений на уровне сорта Фокор, 63,8 см и 62,6 см соответственно (табл. 3). Количество непродуктивных узлов – 15,4, что ниже, чем у сорта Фокор на 0,9 единиц.

Лимитирующим показателем, определяющим высокую продуктивность сорта **Докучаевский**, является «число зерен в бобе». Среднее количество зерен в бобе его растений в период испытаний находилось на уровне 4,7. Это на 20,5% больше, чем у сорта стандарта Фокор (3,9 зерен).

Таблица 3

Элементы структуры урожая нового сорта, в среднем за 2016-2021 гг.

Показатели	Докучаевский	Фокор	± к стандарту	НСР ₀₅
Высота растения, см.	63,8	62,6	+1,2	3,2
Количество узлов на растении, шт.	17,7	19,0	-1,3	0,7
Количество непродуктивных узлов, шт.	15,4	16,3	-0,9	0,5
Количество плодоносящих узлов, шт.	2,13	2,22	-0,09	0,26
Количество бобов на растении, шт.	3,66	3,72	-0,06	0,38
Число зерен в бобе, шт.	4,66	3,85	+0,81	0,34
Количество зерен на одном растении, шт.	16,1	13,9	+2,2	1,8
Масса семян с растения, г	2,83	2,40	+0,43	0,33
Масса 1000 семян, г	174	170	+4,0	10
Сохранность растений к уборке, %	92,1	91,6	+0,5	6,4

Результатом повышенной озерненности боба является и больший сбор зерна с растения, как в количественном выражении (+2,2 зерна, при НСР_{0,5}=1,8), так и в весовом (+0,43 г, при НСР_{0,5}=0,33г). По содержанию белка в зерне гороха новый сорт находится на

уровне стандарта Фокор. Однако за счет большей урожайности сбор белка с единицы площади у нового сорта выше на 11,6%, чем у стандарта.

Важным отличием и преимуществом нового сорта перед стандартом Фокор является его дружное созревание и более короткий период вегетации. В период испытаний продолжительность периода вегетации нового сорта составляла в зависимости от погодных условий от 58 до 77 дней. При этом относительно стандарта сорт Докучаевский ежегодно созревал на 5-7 дней быстрее, что является его явным преимуществом. В результате обеспечивается более раннее проведение уборки посевов гороха, нет накладок с уборкой озимых культур, можно использовать как парозанимающую культуру, т.к. остается достаточное количество времени для подготовки полей к посеву озимых.

В 2022 году новый сорт гороха Докучаевский был передан на Государственное испытание по четырем регионам. Лучшие результаты были получены в Северокавказском регионе. При урожайности 2,53 т/га, в среднем по 9-ти сортоучасткам, новый сорт достоверно превысил стандарт на 0,23 т/га ($НСР_{05} = 0,21$ т/га).

Заключение

В результате селекционного процесса в Воронежском ФАНЦ им. В.В. Докучаева получен новый среднеранний сорт гороха усатого морфотипа Докучаевский, характеризующийся выровненным стеблестоем, дружным созреванием, высокой озерненностью боба, устойчивостью к осыпанию и полеганию. По урожайности достоверно превосходит сорт-стандарт Фокор. Отличительной чертой нового сорта является дружное и раннее (на 5-7 дней раньше стандарта и на 10 дней раньше озимой пшеницы) созревание, что позволят значительно уменьшить напряженность во время проведения уборочных работ и подготовки почвы к посеву озимых культур.

Литература

1. Гаевая Э.А., Васильченко А.П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 2. – С. 32-34.
2. Пономарева С. В., Селехов В.В. Влияние погодных условий на урожай и качество сортов гороха // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1. – С. 20-27.
3. Пислегина С. С., Четвертных С. С. Влияние погодных условий на продолжительность вегетационного периода и продуктивность гороха // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 5. – С. 521-530. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.521-530
4. Лысенко А.А. Урожайность сортов зернового гороха при изменении погодных условий в приазовской зоне Ростовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2. – С. 13-20. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11164
5. Давлетов Ф.А. Влияние погодных условий на формирование урожая и качество зерна гороха //Зерновое хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 13-14.
6. Бугайов В.Д., Кондратенко Н.И., Демидюк М.В. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов гороха посевного в условиях правобережной лесостепи Украины // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2. – С. 100-106.
7. Витко Г.И. Варьирование элементов структуры урожайности семян и других признаков у посевного гороха // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 66-72

References

1. Gaevaya E.A., Vasil'chenko A.P. Urozhajnost' goroha v zavisimosti ot pogodnyh uslovij Rostovskoj oblasti [The yield of peas depending on the weather conditions of the Rostov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016, no. 2, pp. 32-34. (In Russian)
2. Ponomareva S. V., Selekhov V.V. Vliyanie pogodnyh uslovij na urozhaj i kachestvo sortov goroha [The influence of weather conditions on the yield and quality of pea varieties]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2017, no. 1, pp. 20-27. (In Russian)
3. Pislegina S. S., Chetvertnyh S. S. Vliyanie pogodnyh uslovij na prodolzhitel'nost' vegetacionnogo perioda i produktivnost' goroha [Influence of weather conditions on the duration of the growing season and the productivity of peas]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020, no. 5, pp. 521-530. (In Russian)
4. Lysenko A.A. Urozhajnost' sortov zernovogo goroha pri izmenenii pogodnyh uslovij v priazovskoj zone Rostovskoj oblasti [Productivity of varieties of grain peas under changing weather conditions in the Azov zone of the Rostov region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020, no. 2, pp. 13-20. (In Russian)
5. Davletov F.A. Vliyanie pogodnyh uslovij na formirovanie urozhaya i kachestvo zerna goroha [The influence of weather conditions on the formation of the crop and the quality of pea grain]. *Zernovoe hozyajstvo*. 2005, no. 5, pp. 13-14. (In Russian)
6. Bugajov V.D., Kondratenko N.I., Demidyuk M.V. Ocenka ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov goroha posevnogo v usloviyah pravoberezhnoj lesostepi Ukrainy [Evaluation of Ecological Plasticity and Stability of Sowing Pea Varieties in the Conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2013, no. 2, pp. 100-106. (In Russian)
7. Vitko G.I. Var'irovanie elementov struktury urozhajnosti semyan i drugih priznakov u posevnogo goroha [Variation of elements of the structure of seed yield and other traits in sowing peas]. *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2018, no. 2, pp. 66-72. (In Russian)

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛ «ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ»

Структура статьи

УДК xxx.xxx:(xxx.xxx+xxx.xxx)

Название статьи (по центру, 12 пт)

Инициалы и фамилии авторов (по центру, заглавные буквы 12 пт)

ORCID ID, E-mail:

Официальное название организации, город, страна (по левому краю, 12 пт).

Реферат (200-250 слов, по ширине страницы, 12 пт). Реферат должен быть четким и информативным (не содержать общих фраз, второстепенной информации), оригинальным, содержательным (отражать основное содержание статьи), структурированным (написанным как один абзац текста, но следовать последовательности описания результатов в статье).

Реферат должен содержать цель, краткое описание методов проведения исследований, описание основных результатов и лаконичные выводы.

Ключевые слова (4-6 слов, по ширине страницы, 12 пт).

Введение. Введение может содержать характеристику изученности проблемы в мировой научной литературе. Историей вопроса. Постановкой проблемы. Завершается введение характеристикой цели работы: «выявить...», «охарактеризовать...», «выяснить...», «описать...»; целью работы не может быть «изучить...» или «исследовать...».

Материал и методы исследований. Раздел должен давать возможность повторить весь объем проведенных исследований для проверки полученных автором статьи данных. Он по необходимости может делиться на подразделы. Раздел должен создавать целостное представление о том, что автору работы известны все возможные источники ошибок, которые могут повлиять на результаты исследований.

Результаты и их обсуждение

Раздел при необходимости может делиться на подразделы.

1. Латинские названия и связанная с ними информация (например, фамилии авторов или год описания) должны иметь одинаковые элементы форматирования.

2. Нельзя приводить ссылки на таблицу или рисунок в виде отдельного предложения.

3. Единицы измерения системы СИ приводятся без точки (м, г, а, моль), а нестандартизированные единицы – с сокращениями (экз./м² и т. д.).

4. В статье нельзя использовать сокращение научных терминов.

5. Названия таблиц и рисунков (а также примечания к ним) должны быть «исчерпывающими». Читатель не должен дополнительно перечитывать «Материал и методы исследований» или название работы, чтобы разобраться в содержании таблицы или рисунка, определить повторность исследований.

Выводы. Выводы – 5-10 предложений. Можно в виде списка, можно сплошным текстом.

Благодарности (если необходимы). Благодарности подаются после выводов перед библиографическими ссылками.

Библиографические ссылки. Список литературы должен включать в себя ссылки на современные исследования, опубликованные за последние 10-15 лет. Приветствуются ссылки на статьи из высокоцитируемых зарубежных и российских журналов. Проверку цитируемости автора или журнала необходимо осуществлять по базам: WoS (<http://apps.webofknowledge.com/>), SCOPUS (<http://apps.webofknowledge.com/>), РИНЦ (<https://elibrary.ru/authors.asp>).

Ссылки на статьи из журнала, в котором публикуется данная статья, не должны превышать 10% от общего количества всех источников из списка литературы статьи.

Примеры оформления библиографических ссылок. ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (44) 2022 г.

Вариант References (для зарубежных баз данных) приводится полностью отдельным блоком, повторяя список литературы с русскоязычной части, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке.

Для получения транслитерированного списка литературы необходимо воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу в системе **BSI (British Standard Institute)** на сайте <http://translit.ru>, <http://transliteration.pro/bsi>, или на других сайтах, где есть онлайн транслитерация в системе BSI.

Транслитерируются: фамилия (и) И.О. автора(ов), название статьи и русскоязычные названия источников. Название источника выделяется курсивом.

Переводятся на английский язык: названия статей, монографий, сборников статей, конференций. После выходных данных указывается язык (in Russian).

• Перевод названия статьи, книги, сборника и журнала на английский язык дается в квадратных скобках, после транслитерированного названия.

• Из транслитерированного варианта ссылки нужно убрать знак «//», заменив его точкой.

• Место издания необходимо раскрыть. Например, вместо М. указать Moscow.

• Количество страниц в виде «s» (123 s.) из транслитерированного варианта ссылки нужно заменить на «p» (123 p. – в случае указания общего количества страниц в источнике) или pp. (pp. 23-35 – при указании диапазона страниц статьи в журнале или сборнике статей).

• Значок номера № в References заменяется на no.

Примерная схема представления статей из русскоязычных источников для References:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Author D.D. (Перечисляются все авторы в транслитерации) Title of article. (Транслитерация + перевод). Title of Journal (Транслитерация курсивом или транслитерация курсивом +

перевод курсивом), 2019, vol. 5, no. 2, pp. 49-53. (In Russian) Debelyi G.A. Zernobobovye kul'tury v mire i Rossiiskoi Federatsii [Legumes in the World and in Russian Federation]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops, 2012, no 2, pp. 31-35. (In Russian)

Подробное описание обработки различных видов ссылок для References находится по адресу <https://bibliotekovedenie.rsl.ru/jour/pages/view/References>

Авторы полностью несут ответственность за точность библиографических источников, в том числе в переводе на английский язык.

Все библиографические ссылки необходимо проверить на наличие DOI, обязательно его указать. Ответственность за проверку наличия DOI в библиографических ссылках несут авторы статьи.

Критерии авторства. Авторы статьи должны в письменном виде подтвердить, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат).

Конфликт интересов. Авторы должны заявить об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах. Имя Отчество Фамилия, организация, степень, звание, должность, E-mail, ORCID (для индивидуальных исследователей доступ к реестру ORCID предоставляется бесплатно: <https://orcid.org/signin>). Вы можете получить ORCID ID, управлять записью результатов своей деятельности и искать в реестре других научных работников. Очень важно предоставлять код ORCID каждый раз, когда вы отправляете рукопись в журнал).

Все авторы должны прочитать и одобрить окончательный вариант рукописи.

Рекомендации по набору и оформлению текста.

Рукописи печатаются на одной стороне листа А4 с 1,0 междустрочным интервалом.

Шрифт Times New Roman, размер – 12 пт. Абзацный отступ – 1,0 см.

Объем экспериментальных статей – от 5 до 10 страниц; объем обзорных статей – не более 15 страниц.

Количество рисунков не должно превышать 5.

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (44) 2022 г.

Таблицы и рисунки должны быть пронумерованы в соответствии с содержанием статьи. Статистическая и другие виды детализации приводятся под таблицей в примечаниях.

Табличные материалы размещаются в тексте статьи непосредственно после первого упоминания о них.

Рисунки нумеруются в порядке их обсуждения в тексте. Все элементы текста в изображениях (графиках, диаграммах, схемах), если это возможно, должны иметь гарнитуру Times New Roman. Изображение после сканирования при печати должно быть четким, подстать четкости основного текста. Все названия рисунков и таблиц должны быть представлены на русском и английском языках.

Ссылки в тексте приводятся по образцу (фамилия, год), например: 1 автор – (Vinson, 1997); 2 автора – (Vargo and Laurel, 1994; Vargo and Hulsey, 2000); 3 и более авторов – (Jones et al., 1978; Davis et al., 1989).

Рукопись должна быть подписана авторами и иметь заверенное печатью направление от учреждения, подтверждающее, где проводилось исследование и что материалы публикуются впервые.

Все статьи, поступающие в редакцию, проверяются на наличие заимствований в системе АНТИПЛАГИАТ.

Правила опубликования

1. В одном номере журнала может быть напечатана только одна статья автора.

2. За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

3. Присланные рукописи обратно не возвращаются.

4. Не допускается направление в редакцию работ, которые направлены в другие издания или напечатаны в них.

Редакция оставляет за собой право сокращать и исправлять рукопись по согласованию с автором.

Авторские права. Авторы, публикующие в данном журнале, соглашаются со следующим:

1. Авторы сохраняют за собой авторские права на работу и предоставляют журналу право первой публикации работы на условиях лицензии Creative Commons Attribution License, которая позволяет другим распространять данную работу с обязательным сохранением ссылок на авторов оригинальной работы и оригинальную публикацию в этом журнале.

2. Авторы сохраняют право заключать отдельные контрактные договорённости, касающиеся неэксклюзивного распространения версии работы в опубликованном здесь виде (например, размещение ее в институтском хранилище, публикацию в книге), со ссылкой на ее оригинальную публикацию в этом журнале.

3. Авторы имеют право размещать их работу в сети Интернет (например, в институтском хранилище или персональном сайте) до и во время процесса рассмотрения ее данным журналом, так как это может привести к продуктивному обсуждению и большему количеству ссылок на данную работу (См. The Effect of Open Access).

Приватность. Имена и адреса электронной почты, введенные на сайте этого журнала, будут использованы исключительно для целей, обозначенных этим журналом, и не будут использованы для каких-либо других целей или предоставлены другим лицам и организациям.